

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Institut dopravy - 342  
Ústav letecké dopravy

## Postupy pro demontáž a montáž křídla na letadlo

*Removal and Assembly of Aircraft's Wing Procedure*

Student:

Petr Šrámek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Rostislav Horecký

Ostrava 2009

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Ostravě : .....

.....

## **Anotace bakalářské práce**

Šrámek, P. Postupy pro demontáž a montáž křídla na letadlo. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy – 342, Ústav letecké dopravy, 2007. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Rostislav Horecký.

Cílem této bakalářské práce je vysvětlit budoucímu technikovi pracujícím v leteckém provozu problematiku demontáže a montáže křídla na letadlo. Tato bakalářská práce postupně seznámí čtenáře s nezbytnými teoretickými informacemi o stavbě křídla a se základními principy jeho připojení k trupu. Popíše také přípravky potřebné k této práci a postup přiblíží na konkrétním případě montáže a demontáže křídla k trupu českého letounu L-410.

## **Bachelor`s thesis annotation**

Šrámek, P. Removal and Assembly of Aircraft`s Wing Procedures. Bachelor`s thesis. VŠB – Technical university Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, The institute of transportation – 342, Department of Air Transport. Supervisor: Ing. Rostislav Horecký

The aim of this bachelor`s thesis is to explain to the future technician working in air traffic how to remove and assembly the aircraft`s wing. This thesis introduces the reader with essential teoretical informations about wing contruction as well as with fundamental principles of adjunction the aircraft`s wing with fuselage. It also describes items that are needed for this task and in detail shows those informations on removal and assembly on wing of czech plane L-410.

# Obsah

Seznam použitých zkratk .....	5
1 Úvod .....	6
2 Konstrukce křídla .....	7
2.1 Křídlo .....	7
2.2 Nosník .....	8
2.3 Rozdělení křídel podle konstrukce .....	9
2.4 Základní metody uchycení křídla k trupu .....	15
2.5 Křídlo letounu L-410 .....	18
3 Vytvoření studijního materiálu .....	23
3.1 Popis tvorby výukového materiálu .....	23
3.2 Tvorba HTML dokumentu .....	23
3.2.1 Popis software .....	23
3.2.2 Základy práce se softwarem .....	24
3.2.3 Popis HTML dokumentu .....	26
3.2.4 Zveřejnění HTML dokumentu na veřejně přístupné adrese .....	27
4 Vlastní demontáž křídla letounu L-410 .....	29
4.1 Příprava letounu L-410 pro demontáž křídla .....	29
4.2 Postup samotné demontáže křídla L-410 .....	30
5 Závěr .....	52
6 Seznam použitých pramenů .....	53

## Seznam použitých zkratk

EASA	European aviation safety agency	Evropská agentura pro bezpečnost civilního letectví
FTP	File Transfer Protocol	Protokol určený pro přenos souborů mezi počítači
HDD	Hard disk	Pevný disk, místo uložení dat v počítači
HTML	HyperText Markup Language	Jeden z jazyků pro vytváření stránek pro Internet
RAM	Random-access memory	Dočasná přepisovatelná paměť počítače
VKV		Velmi krátké vlny
WWW	World Wide Web	Jedna ze služeb Internetu
Editor	Doctor`s HTML Editor verze 3.0 release 10 (5. 1. 2004)	
Hyperlink	Interaktivní odkaz v HTML dokumentu	
PART 145	Předpis Evropské agentury pro bezpečnost letectví vydaný jako příloha č. 2, nařízení Evropského společenství 2042/2003	
Plug-in	Část programu, která není schopna pracovat samostatně	
Workorder	Pracovní postup	

# 1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je přiblížit studentům prezenčního bakalářského studia a budoucím technikům pracujícím v leteckém průmyslu problematiku demontáže a montáže křídla na letadlo a vytvoření interaktivního výukového materiálu. V prvních částech práce budou rozebrány obecné metody konstrukcí křídla a přiblížení konstrukce křídla letounu L-410. Tento letoun jsem si zvolil z několika důvodů. Je to asi nejběžnější letoun na českém území, ale zároveň rozšířený po celém světě. Také jako původní český výrobek je převážná část jeho technické dokumentace v českém jazyce, a proto výrobcem doporučené postupy práce budou pro studenty lépe pochopitelné. V této práci se pokusím vysvětlit, popsat a na fotografiích jednotlivých částí ukázat posloupnost jednotlivých úkonů prováděných při montáži a demontáži křídla.

Přechodem českých leteckých předpisů na nové platné normy vydané EASA, musí veškeré práce související s montáží a demontáží křídla dle uvedeného zadání bakalářské práce splňovat náležitosti požadované PART 145.

## **2 Konstrukce křídla**

### **2.1 Křídlo**

Křídlo je důležitou a nedílnou součástí draku letounu. Právě křídlo nese hmotnost letounu a vytváří vztlak, díky kterému letoun létá. Abychom mohli pochopit principy uchycení křídla k trupu, je potřeba si nejdříve přiblížit různé metody konstrukce křídel. Použití určité konstrukce křídla se vybírá podle toho, na jakém typu letounu bude používáno, jak bude během letu zatěžováno a jaká bude metoda jeho výroby. S konstrukcí křídla přímo souvisí způsob jeho uchycení k trupu, proto je potřeba si nejdříve vysvětlit tuto oblast.

V letectví se používá mnoho typů konstrukcí křídel. Úkolem této práce ale není popis konstrukcí křídel, který by obsahově vydal na celou práci, ale přiblížit studentům 3. ročníku TÚL obecný postup připojení křídla k trupu. Proto se při popisu konstrukcí křídel soustředím na typy křídel různými způsoby připojené k trupu.

Konstrukce křídel podzvukových letounů je řešena podobně jako konstrukce trupů. Tvoří ji štíhlé duté nosníky s vnějším potahem a vnitřní konstrukcí. Křídla nadzvukových vojenských letounů jsou konstruována spíše jako tenké trojúhelníkové nebo lichoběžníkové desky s malou štíhlostí. Obecně se jedná o tenkostěnné konstrukce, jejichž základní rozdělení vychází z pevnostního charakteru potahu a ze způsobu přenosu zatížení. Dále se pak dělí podle vnitřního uspořádání pevnostních částí.

#### **Rozdělení konstrukce křídel podle pevnostní charakteristiky potahu**

Hlavní rozdělení konstrukce křídel je stejné jako konstrukce potahu trupu na konstrukci

- s nenosným potahem
- s nosným potahem



Nenosný potah – přenos ohybu, krutu a posouvající síly zajišťuje vnitřní pevnostní konstrukce křídla. Tento druh potahu zajišťuje pouze přenos spojitého zatížení od aerodynamických sil na vnitřní konstrukci křídla.

Nosný potah – tento druh konstrukce přenáší kromě vztlakových sil také krouťící moment, tahové napětí od ohybového zatížení a smykové napětí v rovině řezu.

Křídla dopravních letounů jsou téměř výhradně řešena konstrukcí s nosným potahem, proto v této práci nebudu rozepisovat o křídlech s nenosným potahem.

## **2.2 Nosník**

V následující kapitole se bude hovořit o nosnících jako o konstrukční metodě přenosu zatížení na křídle. Je proto dobré si je popsat. Nosníky jsou konstrukční prvky určené k přenosu ohybových namáhání a posouvajících sil. Tvoří součást pevnostního systému nosníkového křídla, vodorovných a svislých ocasních ploch. Nosník se skládá ze svislé stojiny a vodorovných pásnic, které přenášejí ohybové namáhání tahem a tlakem. Čím je větší stavební výška stojiny, tím menší je napětí v pásnicích.

Nosníky mohou být skládané (např. stojina z duralového plechu a pásnice z frézovaných nebo ocelových částí) nebo celý nosník může být vyfrézován z jednoho kusu kovu. Kvůli intenzivnímu poklesu zatížení směrem od kořene křídla ke konci nosníku, odlehčuje se stojina pomocí odlehčovacích otvorů a průřezy pásnic se zmenšují.

Nosníky se rozdělují podle způsobu přenosu ohybu na konstrukci trupu na hlavní nosníky (ohyb se přenáší na trup pomocí dvojice čepů na kování pásnic) a pomocné, které neumožňují přenášet ohyb na trup, protože mají pouze jeden čep umístěný ve středu stojiny. Pomocné nosníky přenášejí společně s hlavním nosníkem krut z křídla na trup. Vnitřní konstrukce křídla může mít více hlavních nosníků.

## 2.3 Rozdělení křídel podle konstrukce

Vztlaková síla letounu, která vzniká na křídle během letu, vytváří základní konstrukční zatížení, ohyb. Vzhledem k celkovému tvaru křídla (štíhlá podlouhlá deska) a působením síly prakticky kolmo na jeho rovinu (kolmo k těživě profilu), je křídlo značně nevhodné pro přenos ohybového momentu od této síly. To je také důvod, proč ohybový moment zásadně rozhoduje o zvolené konstrukci křídla. S postupným vývojem letectví a letecké techniky stále stoupají nároky na zatížení křídla. Křídla jsou stále více zatěžována, a proto vznikla řada konstrukčně-pevnostních koncepcí konstrukce křídel.

název konstrukce	schéma příčného řezu konstrukce		Zachycení namáhání od kolmého zatížení			poznámka
	křídlo, stabilizátor, kýlovka	křídélko, výškovka, směrovka	ohyb	posouvající síla	krut	
nosníková s potahem nosným ve smyku			pásnice nosníků	stojiny nosníků	potah nosný ve smyku a stojiny nosníků (dutín - torzní skříň)	Potah pos. 4 rozvádí pouze vzdušné zatížení. Eventuální podélníky nejsou průběžné po celém rozpětí křídla.
			potah v místě pásnic			
nosníková poloskořepinová			pásnice nosníků podélníky potah v místě podélníků a pásnic	stojiny	potah a stojiny (dutiny - torzní skříň)	Průřez pásnic větší než průřez podélníků. Podélníky průběžné po celém rozpětí
poloskořepinová			podélníky potah v místě podélníků			Podélníky průběžné po celém rozpětí
skořepinová			podélníky potah			Potah hustě vyztužen. Podélníky průběžné po celém rozpětí.
			třívrstvý potah (sendvič)			Sendvič složený z vnějšího potahu, vnitřního potahu a výplně.

**tabulka 2-1: Základní dělení tenkostěnných konstrukcí křídel**

- 1 – pásnice nosníku; 2 – stojina nosníku; 1 a 2 – nosník; 3 – potah nosný ve smyku (tuhý); 4 – potah nosný pouze v tahu (plátěný); 5 – dutina (torzní skříň); 6 – přední dutina; 7 – zadní dutina; 8 – podélník (podélná výtzuha); 9 – třívrstvý potah; 10 - stojina

Klasické kovové konstrukce s nosným potahem mohou být:

- nosníkové (jednonosníkové s pomocným nosníkem, dvounosníkové, vícenosníkové)
- nosníkové poloskořepiny

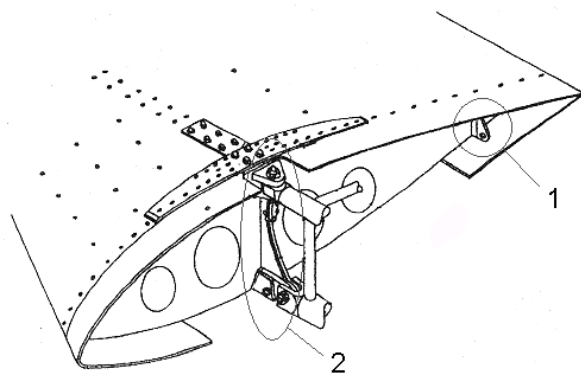
- poloskořepiny
- skořepiny

## 1. Nosníkové konstrukce

Charakteristickým prvkem nosníkové konstrukce je podélný nosník. Nosníky jak bylo řečeno v odstavci 2.1., Nosník) jsou konstrukční prvky určené k přenosu ohybového momentu a posouvající síly pomocí pásnic a stojin. U nosníkových konstrukcí křídel je ohybové zatížení přenášeno téměř výhradně nosníky. Nosníkové konstrukce křídel můžeme rozdělit podle počtu nosníků na:

- jednonosníkové s pomocným nosníkem
- dvounosníkové
- vícenosníkové

*Jednonosníková konstrukce křídla s pomocným nosníkem.* Představuje jednoduchou konstrukci málo zatížených křídel malých sportovních a pomalých dopravních letadel. Pro tyto konstrukce je typické staticky určité uchycení křídla (viz. dále v kapitole 2.4. Základní metody uchycení křídla k trupu). Ohybový moment, roste od konce křídla směrem k trupu přibližně kvadraticky (parabolicky), lze jej zachytit přijatelnými rozměry pásnic a stojinou hlavního nosníku. Tato konstrukce pak vychází hmotnostně výhodněji, než konstrukce s dvěma menšími nosníky se staticky neurčitým uchycením. Pomocný nosník nemůže přenášet ohybový moment v místě spoje s křídlem, neboť je uchycen pouze jedním čepem staticky určitého uchycení křídla (viz. Obrázek 2-1: Křídlo s pomocným nosníkem). V určité vzdálenosti od závěsného kování je však již schopen toto zatížení přenášet, a to v poměru ohybových tuhostí obou nosníků. V kořenové části je ohybový moment převeden přes žebra a potah na hlavní nosník, a proto je nutné potah a žebra v této části zesílit – větší tloušťka a menší rozteče.



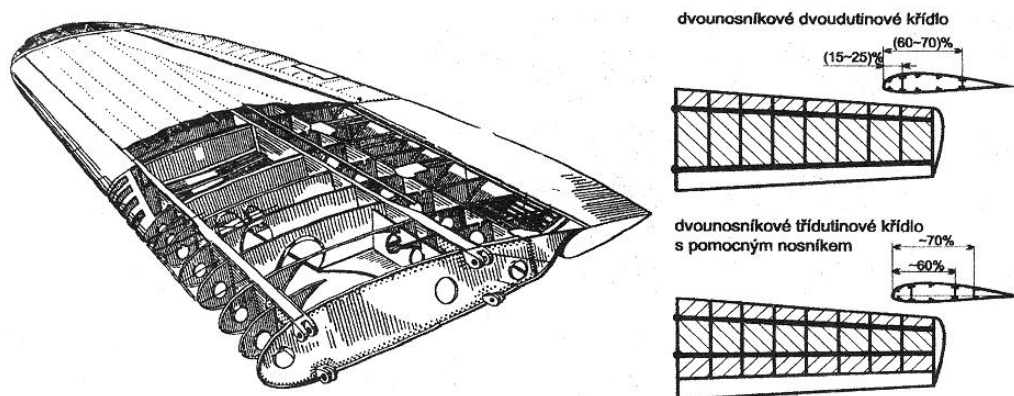
**Obrázek 2-1: Křídlo s pomocným nosníkem**

**1** – uchycení pomocného nosníku; **2** – uchycení hlavního nosníku

Pomocný nosník současně umožňuje vytvořit dvě torzní dutiny, k pomocnému nosníku lze snadno uchytit závěsy křidélek a vztlakových klapek. Poloha pomocného nosníku může být před hlavním nosníkem (jako „přední pomocný nosník“) nebo za hlavním nosníkem (jako „zadní pomocný nosník“).

*Dvounosníkové konstrukce* vzniknou náhradou s pomocného nosníku dalším nosníkem, který se připojí ke konstrukci trupu stejným způsobem jako hlavní nosník. Stejně jako hlavní nosník přenáší tahové a tlakové síly a díky uchycení k trupu dvojicí čepů je schopen přenášet i ohyb přímo do trupu letounu. Uchycení dvounosníkové konstrukce je tak staticky neurčité, ale pro větší zatížení vychází dvounosníkové křídlo hmotnostně výhodněji než jednonosníkové s již značně zesílenými kořenovými částmi.

Rovněž dvounosníkové křídlo může mít zadní stojinu bez závěsného kování, což umožní vytvořit třídutinovou konstrukci křídla. Stejně jako u jednonosníkového křídla slouží zadní stojina k uchycení vztlakové mechanizace a křidélek na odtokové hraně křídla.



**Obrázek 2-2: Dvounosníkové křídlo**

*Vícenosníkové konstrukce* se vyskytují u některých tenkých křídlech nadzvukových letounů, kde je z různých důvodů výhodnější použít vícenosníkové dělené spojení než poloskořepinové či skořepinové přírubové spoje. Vícenosníkové konstrukce jsou většinou kombinované s podélnými výztuhami, jedná se tak spíše o nosníkové poloskořepiny.

## 2. Nosníkové poloskořepiny

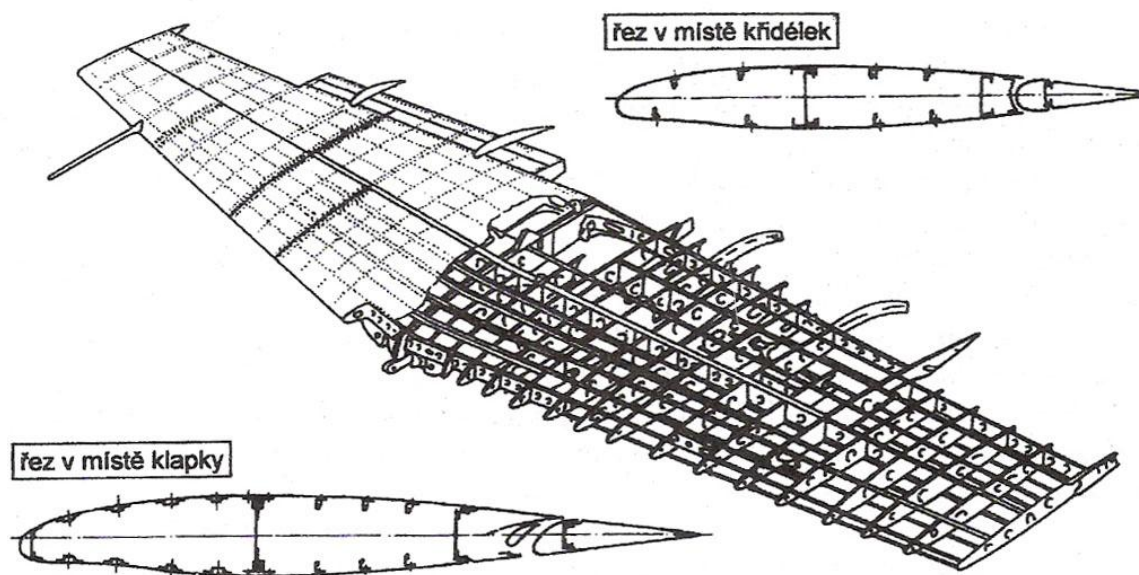
Tenký potah čistých nosníkových konstrukcí (nosníky + žebra) ztrácí v polích mezi žebry a nosníky stabilitu a zvlní se. Proto se potah na vnitřní straně pro větší zatížení podélně vyztužuje podélníky. Podélníky křídla tak se spolunosnou šířkou potahu jsou schopny přenášet tlaková/tahová napětí na horní a spodní straně křídla a částečně omezit i kroucení křídla. Zmenšením velikosti volného potahového pole lze dosáhnout zvýšení kritické velikosti napětí pro ztrátu stability potahu (zvlnění). Podélníky současně s částí potahu umožňují přenos ohybu obdobně jako pásnice nosníku. Jedná se o částečnou snahu využít nosný potah nejen k přenosu smykového napětí od krutu v rámci torzní dutiny, ale i o přenos normálových tahových a tlakových napětí v ploše potahu.

Přenos ohybu nosníky a podélníky se spolunosnou šířkou potahu je u nosníkových poloskořepin dán poměrem cca 40% ohybu na nosníky a 60% na výztuhy s potahem.

U nosníkových poloskořepin je stále ještě možné lokální spojení křídla s konstrukcí trupu přes nosníkové závěsy, které jsou konstrukčně snazší než přírubový spoj. Podélné výztuhy se však u kořene chovají jako pomocný nosník – nepřenášejí ohybové zatížení v místě

spoje. U nosníkové poloskořepiny má vnější část křídla charakter poloskořepiny, vnitřní pak nosníkové konstrukce.

Výhodou z hlediska přenosu ohybových sil je *nedělené křídlo*. V bakalářské práci bude popisováno křídlo letounu L-410, které má charakter poloskořepiny. Musí být však průběžné i s podélnými výztuhami. Nevýhodou, kromě výroby a montáže relativně dlouhého celku, je i omezení prostoru trupu konstrukcí.



**Obrázek 2-3: Nosníková poloskořepina neděleného křídla**

### 3. Poloskořepiny

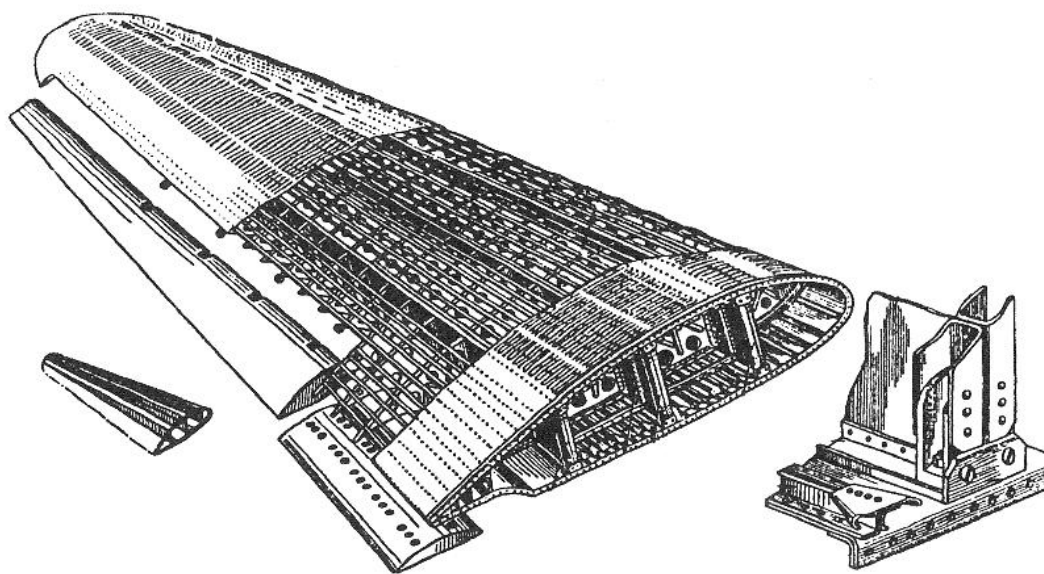
Stále rostoucí zatížení vynikající na křídlech postupně se zvětšujících dopravních letounů a jejich rychlostí vedla u této kategorie k intenzivnímu zapojení potahu a výztuh do přenosu značných ohybových zatížení. Ukazuje se totiž, že hranice efektivního zatížení pásnic je kolem 2kN/mm (počítáno jako úhrnná síla do všech horních nebo dolních pásnic nosníků dělená jejich celkovou šířkou na horní nebo spodní straně). Nad tuto hodnotu vycházejí přenosy pomocí pásnic nosníků konstrukčně nevýhodné, a proto je nutné k přenosu zatížení využít jiné konstrukčně pevnostní schéma. Výhodnější než nosníkový model je poloskořepinovou konstrukci.

Poloskořepinové konstrukce vzniknou z nosníkových poloskořepin zvýšením zahuštění podélných výztuh na úkor průřezu pásnic nosníků. Pásnice nosníku se tak svoji tloušťkou i únosností blíží k podélným výztuhám a vzniká tak poměrně homogenní obvodová konstrukce potahu. Viz.tabulka 2-1: Základní dělení tenkostěnných konstrukcí křídel.

Tohle vnitřní uspořádání nosné konstrukce křídla umožní přenášet nejen větší ohybová namáhání, ale i kroucení křídla. Stojiny nosníků přenášejí stejně jako u nosníkových konstrukcí posouvající sílu. Poloskořepiny tak z torzní skříně vytvoří nosnou skřín – vyztužený potah nese torzní i ohybové zatížení.

Nevýhodou poloskořepin je obtížné zavádění lokálních sil do konstrukce a konstrukce větších provozních nebo technologických otvorů a jejich uzávěrů v potahu křídla. U velkých otvorů dochází k porušení nosné skříně.

Z hlediska přenosu zatížení rozloženého po obvodě nosné skříně je efektivní spojení nosné skříně s konstrukcí trupu nebo centroplánu pomocí příruby. Přírubový spoj je však technologicky poměrně náročný.



**Obrázek 2-4: Poloskořepinová konstrukce křídla**

Křídla velkých dopravních letounů pro vysoké podzvukové rychlosti mají z aerodynamických důvodů šípový půdorys (kvůli oddálení kritického Machova čísla). Křídla

jsou konstruována nejčastěji jako nosné poloskořepinové skříňe uzavřené předním a zadním nosníkem. Nosná skříň je pak uchycena přírubovým způsobem nazvaným „vnitřní trupový centroplán“ k letounu. U čtyřmotorových letounů bývá nosná skříň od vnějšího motoru směrem k trupu zesílena vnitřním nosníkem, takže vzniká dvoudutinová nosná skříň. Dvoudutinová nosná skříň však byla použita i u dvoumotorového letounu A-300 od pohonné jednotky ke kořeni křídla.

#### 4. Skořepiny

Skořepina představuje teoreticky dutou konstrukci bez vnitřních nosných prvků, u které je veškeré zatížení přenášeno pouze dostatečně tuhým potahem. Zajistit čistou skořepinu u křídla je vzhledem k tvaru jeho průřezu a charakteru zatížení (hlavně ohybového) velmi obtížné a prakticky je potah vždy v menší nebo větší míře vyztužen. Skořepinové konstrukce křídla se používá převážně u malých vojenských letadel. U současných dopravních letadel se nepoužívá. Tyto konstrukce křídel jsou připojeny k trupu pomocí přírub.

## 2.4 Základní metody uchycení křídla k trupu

Uchycení křídla k trupu letounu se realizuje konstrukčními prvky závěsných a spojovacích kování. Z hlediska konstrukčního uchycení se jedná o spoje:

*Staticky určité* (závěsná kování nosníkové konstrukce málo zatížených letounů)

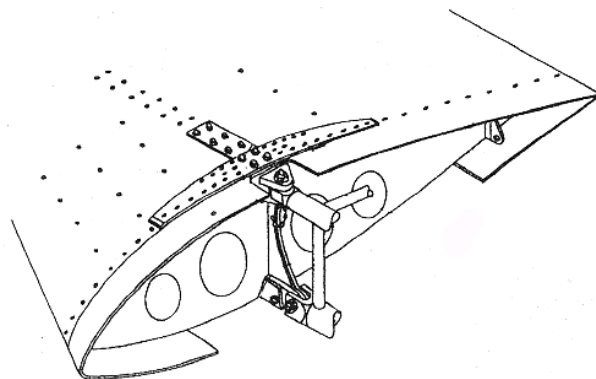
*Staticky neurčité* (vícebodová závěsná kování nebo přírubové spoje)

### **Staticky určité uchycení**

Realizuje konstrukční spoj, u kterého lze statické síly ve spojovacích elementech odvodit ze statické podmínky rovnováhy. Příkladem je spoj křídla pomocí tří ok a vidlic s čepy. Protože každý čep může být namáhán pouze na stříh (sílu libovolného směru, ale pouze v rovině příčného řezu čepu), vymezuje tento spoj pouze dva stupně volnosti (rozklad síly v rovině příčného řezu do dvou na sebe kolmých os). Protože těleso má v prostoru 6 stupňů volnosti (tři posuvy ve směru os pravoúhlého souřadného systému a tři rotace kolem



těchto os), musí být křídlo k trupu uchyceno minimálně třemi vhodně v prostoru orientovanými oky s vidlicemi a čepy, aby vymezily tři posuvy křídla a tři jeho rotace vůči trupu. Viz. Obrázek 2-5: Staticky určité uchycení křídla

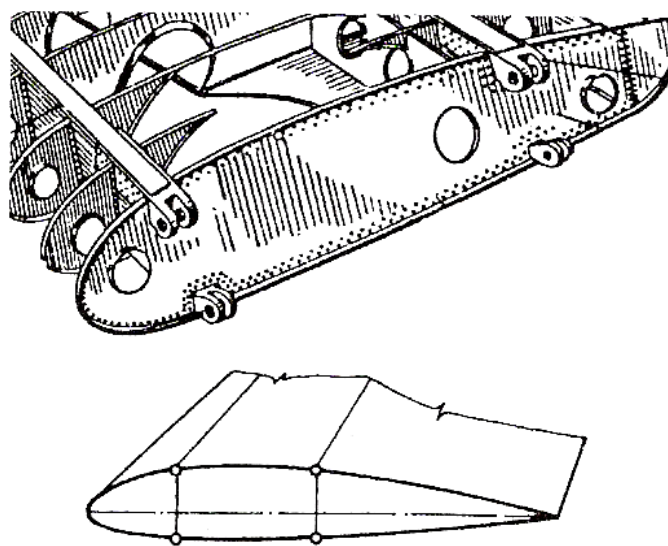


**Obrázek 2-5: Staticky určité uchycení křídla se zadním pomocným nosníkem**

Uchycení konstrukce křídla vyžaduje nejmenší počet spojovacích částí a je tedy technologicky nejméně náročné. Pro zajištění přesné polohy ok a vidlic na trupu a křídle se při montáži musí správně nastavit křídla vůči trupu (vzepětí, podélného nastavení, symetrie levého a pravého polokřídla). S nejmenší technologickou náročností jde v letectví často v ruku v ruce nízká hmotnost, která je jednou z nejdůležitějších vlastností konstrukční soustavy nebo systému. Avšak v případě poruchy jednoho elementu spoje, není zbytek konstrukčního spojení schopen přenést veškerá zatížení a dochází k okamžité poruše celého spoje.

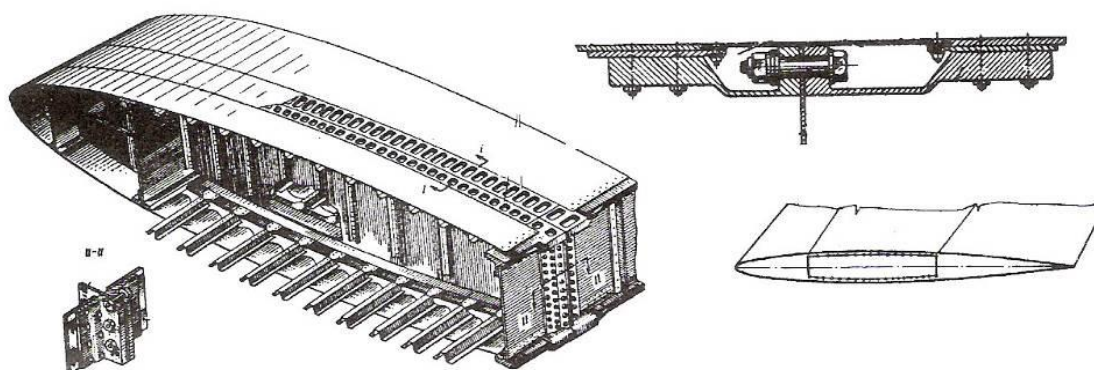
### **Staticky neurčité uchycení**

Pro větší zatížení spojového kování křídla je výhodnější použít více spojovacích elementů, než odpovídá minimálním požadavkům na staticky určitý spoj. Příkladem je spoj dvounosníkového křídla pomocí čtyř ok a vidlic s čepy (viz Obrázek 2-6: Staticky neurčité uchycení dvounosníkového křídla nebo dále popisované křídlo letounu L-410). Staticky neurčité spoje vyžadují vyšší technologickou náročnost na sestavovací přípravky.



**Obrázek 2-6: Staticky neurčité uchycení dvounosníkového křídla**

Staticky neurčité spoje realizované pomocí ok a vidlic s čepy přechází u poloskořepinových a skořepinových konstrukcí do přírubových spojů. Příruby jsou po obvodě spojeny svorníky předepjaté na tah. Detail přírubového spoje podélné výztuhy křídla velkého dopravního letounu je zobrazen na Obrázek 2-7: Přírubový spoj křídla



**Obrázek 2-7: Přírubový spoj křídla**

Následující tabulka shrnuje všechny základní typy spojení trup – křídlo.

Závěsná kování	Přírubový spoj	
	Spoj vidlice - oko	
	Šroubový spoj	
	Spojovací silový uzel	
Spojovací kování	Úhelník	
	Příruba	

**tabulka 2-2: Způsoby spojování křídel s trupem**

## 2.5 Křídlo letounu L-410

Křídlo letounu L-410 je klasické celokovové konstrukce. Je dvounosníkové, dvoj dutinové, po rozpětí průběžné. Torzní skříň tvoří dutiny omezené potahem náběžné hrany a stojinami předního nosníku a potahem části mezi nosníky a stojinami předního a zadního nosníku. Střední dutina je průběžná po celém rozpětí, náběžná dutina je ukončena na žebro č. 3, je tedy v ose souměrnosti přerušena. Potah náběžné i střední části je bohatě vyztužen podélníky, takže je schopen přenášet značnou část ohybového zatížení. Část za zadním nosníkem je nenosná a má pouze funkci aerodynamickou.

Motorové lože je zavěšeno na křídlech na čtyřech závěsech, z nichž dva jsou na nosech žeber č. 8 a 10 (číslování žeber viz Obrázek 2-9: Křídlo letounu L-410) a dva vyčnívají

z dolního obrysu křídla za předním nosníkem rovněž na žebrech č. 8 a 10. Na předním a zadním nosníku jsou v oblasti žebra č. 31 umístěny 3 závěsy na uchycení koncové palivové nádrže – baku.

Přední torzní skříň není v oblasti motoru přerušena. Pevná část motorové gondoly je přinýtována na úhelnicích, upevněných z vnějšku na dolním potahu křídla.

V prostoru mezi předním a zadním nosníkem jsou vytvořeny prostory pro uložení pryžových palivových nádrží. Dolní potah v oblasti nad trupem je utěsněn proti pronikání kapalin a v nejnižším místě (v ose souměrnosti) je drenážní kanál, který shromažďuje nahromaděné tekutiny, které se potrubím odvádějí pod trup.

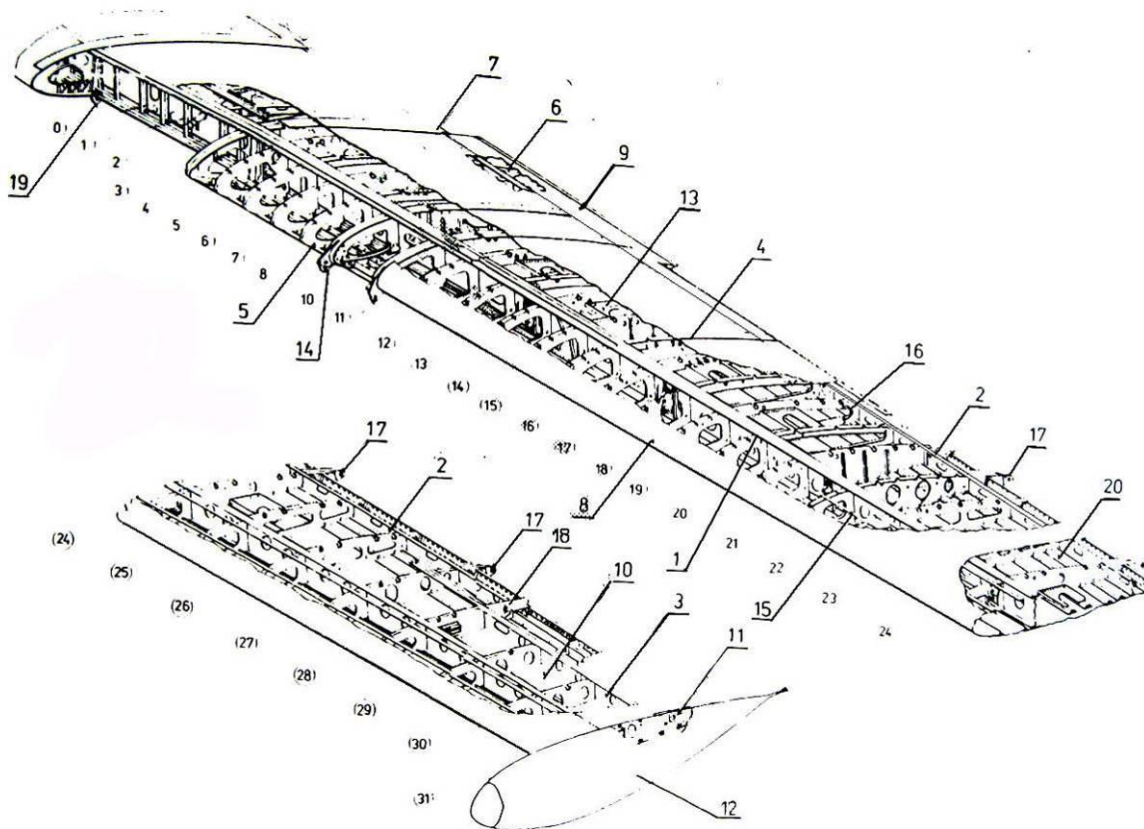
V prostoru před předním nosníkem jsou umístěna táhla pro ovládání křidélek a vztlačových klapek, lana ovládání motoru, hydraulická soustava, elektrická instalace, potrubí systému klimatizace a soustava odledňování. Palivová soustava (mimo odvzdušnění a propojení koncové palivové nádrže s vnější palivovou nádrží v křídle, které je vedeno střední částí křídla) a část elektrické instalace je umístěna v prostoru za zadním nosníkem. Za zadním nosníkem je rovněž umístěno ovládání interoceptoru. Odvzdušnění palivové soustavy je vedeno ve střední části nad palivovými nádržemi a je vyvedeno z křídla na spodním potahu před zadním nosníkem mezi žebry č. 14 a 15.

Křídlo je spojeno s trupem **čtyřmi závěsy**.

Běžné pevnostní spoje na celém nosném systému jsou provedeny nýtováním, obzvláště zatížené uzly jsou sešroubovány lícovanými svorníky.



**Obrázek 2-8: Detail závěsných kování letounu L-410**



**Obrázek 2-9: Křídlo letounu L-410**

1 – přední nosník; 2 – zadní nosník; 3 – pomocný nosník; 4 – střední část žebra; 5 – nosová část žebra; 6 – zadní část žebra; 7 – střední potah horní; 8 – náběžný potah; 9 – zadní horní potah; 10 – dolní střední potah; 11 – koncové žebro č. 31; 12 – koncová palivová nádrž; 13 – krabice pro upevnění přírub palivových nádrží; 14 – přední motorové závěsy; 15 – podélník náběžné části; 16 – stězejka pro uchycení interceptoru; 17 – závěsy křidélka; 18 – závěsy plošky klonění; 19 – hlavní závěsy spojení křídlo – trup; 20 – podélníky střední části; čísla v závorkách jsou pořadová čísla žeber

### **Přední nosník**

Nedělený přední nosník je umístěn v 25% tětivy a je nejsilnějším členem podélné soustavy křídla. Průřez nosníku se po rozpětí mění a má tvar I.

Pásnice jsou frézovány z duralových profilů a z výrobních důvodů jsou složeny ze tří částí, které se spojují mezi žebry č. 10 a 11 šesti lícovanými šrouby. Ke konci křídla pásnice

vybíhají (dolní mezi žebry č. 21 a 22 a horní mezi žebry č. 24 a 25) a jsou nahrazeny plechovými.

Stojiny jsou vyrobeny z duralových plechů, jejichž síla se po rozpětí křídla mění. Spojení jednotlivých stojin je provedeno na tupo s jednostranným přeplátováním. Od žebra č. 5 ke konci je stojina odlehčena a vyztužena prolisovanými otvory. V místech, kde prochází stojinou ovládání vztlakových klapek, je provedeno olemování otvoru s dalším vyztužením pro uložení páky ovládání vztlakových klapek. V ostatních místech, kde je zavedena osamělá síla je přinýtovaná ke stojině svislá výztuha.

Mezi žebry č. 28 až 31 je přední nosník zesílen pomocnou stojinou. Mezi pomocnou stojinou a hlavní stojinou je vnýtován hlavní závěs koncové palivové nádrže a dva úhelníky, které zesilují i dolní pásnici.

### **Zadní nosník**

Zadní nosník průřezu [ ] je umístěn v 65% hloubky a je rovněž nedělený. Pásnice jsou složeny z úhelníku tvaru **L** a frézovaného pásu, který je vyroben z jednoho kusu a vybíhá u žebra č. 12. Úhelníky se z výrobních důvodů skládají ze tří částí, které jsou spojeny šrouby mezi žebry č. 10-11 a vybíhají na dolní straně u žebra č. 20 a na horní straně u žebra č. 29. Spoje provedené na tupo jsou ze strany na úhelníky přinýtovány pomocným pásem.

Stojiny jsou přinýtovány k pásnicím a jejich provedení je obdobné jako u předního nosníku.

### **Kování pro spojení křídla s trupem letounu L-410**

Kování pro spojení křídla s trupem je vytvořeno čtyřmi závěsy z chrom-mangan-křemíkové oceli.

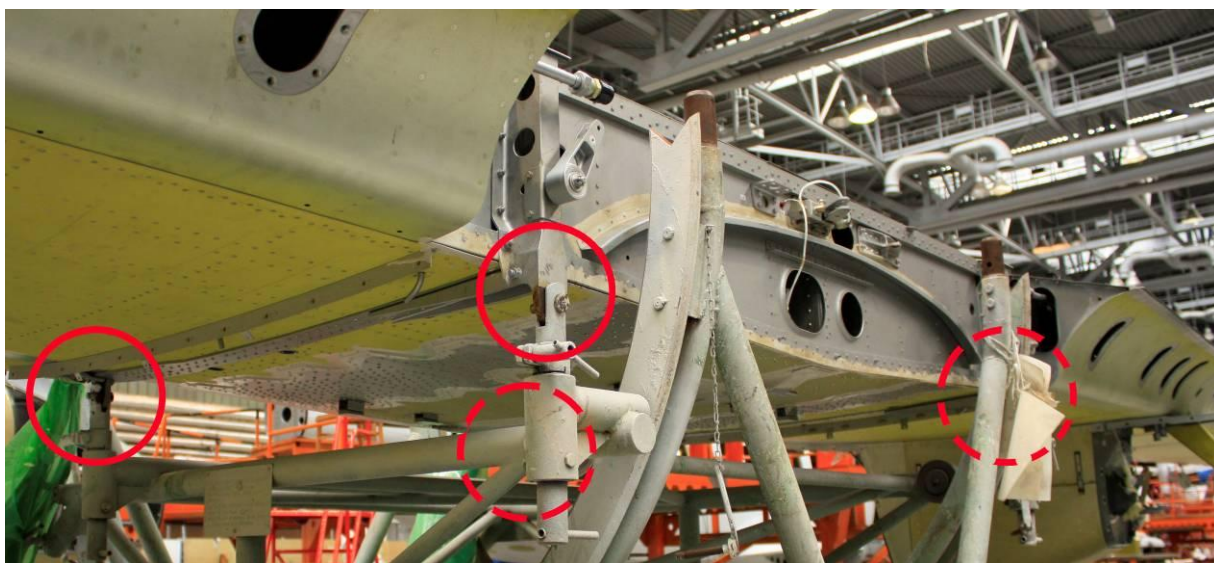
Dva přední závěsy jsou umístěny na předním nosníku křídla v systému žebra č. 3. K nosníku jsou přišroubovány 14 svorníky. Čepy předních závěsů jsou orientovány kolmo na podélnou osu letounu. Mimo to je závěs přišroubován čtyřmi svorníky k pasu, který je umístěn na vnějším povrchu křídla na dolní straně systému žebra č. 3.

Dva zadní závěsy jsou umístěny na zadním nosníku křídla v systému žebra č. 3. Čepy zadních závěsů křídla jsou orientovány ve směru podélné osy letounu. Dolní část závěsu je



upravena pro propojení zadních závěsů s pasy na žebro č. 3. Propojení je provedeno kováním tvaru U. K zadnímu závěsu jsou závěsy šroubovány 12 svorníky.

Přední a zadní závěsy křídla jsou navzájem propojeny pasy umístěnými na horní i dolní straně vnějšího obrysu křídla.



**Obrázek 2-10: Spoje na křídle L-410 pro připojení k trupu (přerušovaně jsou označeny spoje, které nejsou na fotografii vidět)**

## **3 Vytvoření studijního materiálu**

### **3.1 Popis tvorby výukového materiálu**

Jedno ze zadání této bakalářské práce je vytvoření výukového materiálu pro budoucí studenty oboru Technologie údržby letecké techniky. Vzhledem k tomu, že montáž a demontáž křidel větších letounů není součástí plánované údržby, tak pro mě jako tvůrce práce nebylo jednoduché zajistit materiály a potřebné informace pro toto téma. Hlavní části výukového materiálu mají být nejen teoretické informace, ale názorně zpracované odborné texty doplněné obrázky nebo dokonce fotkami konkrétních postupů z praxe. To byl taky hlavní důvod, proč jsem si vybral letoun L-410, jakožto názorný příklad postupů těchto prací. Letoun L-410 je původní český výrobek vyráběný v závodě LET Kunovice. Současný název výrobce je Aircraft Industries, jehož sídlo je rovněž v Kunovicích, kam studenti VŠB – TUO jezdí na smluvně zajištěný praktický výcvik. Je to také pravděpodobně jediné místo v České republice, kde se provádí úplná montáž a demontáž křídla uvedeného dopravního letounu.

Jako podklady pro tvorbu této bakalářské práce jsem nepoužíval jen písemných zdrojů, ale také zkušeností mechaniků z Kunovického LETu a ostravského JOBairu, kteří mají mnohaletou praxi s údržbou letounů L-410.

### **3.2 Tvorba HTML dokumentu**

#### **3.2.1 Popis software**

Pro tvorbu WWW stránek, které budou tvořit interaktivní materiál pro výuku tématu Montáž a demontáž křídla na letadlo, jsem zvolil program „Doctor`s HTML Editor verze 3.0 release 10 (5.1.2004)“ (dále jen „Editor“), jehož autorem je Luboš Horáček. Tento jednoduchý český program je freeware a je volně stažitelný ze stránek <http://editor.2b.cz/>. S tímto programem mám již výborné zkušenosti z dřívějšího používání, kdy jsem potřeboval pro studijní potřeby vytvořit internetové stránky a při tvorbě jednodušších internetových stránek

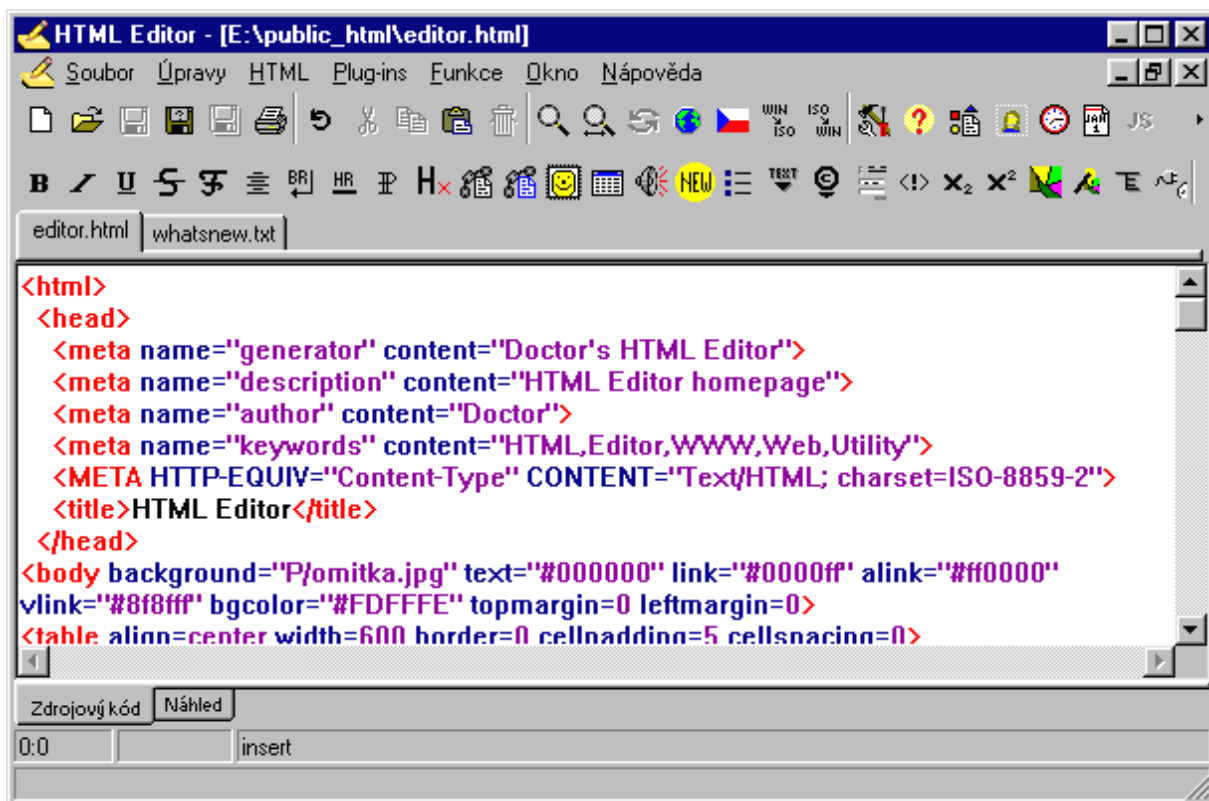


ho používám nejčastěji i dnes. Tato verze programu je z roku 2004, ale z důvodu univerzálnosti kódu HTML 4.0 a jeho normovaném používání je stále plně funkční.

### **3.2.2 Základy práce se softwarem**

Hlavní výhody programu „Doctor`s HTML Editor verze 3.0 release 10 (5. 1. 2004)“:

- Jednoduchost
- Přehlednost
- Ovládání v českém jazyce
- Podpora uživatelských Plug-in modulů
- Nezanášení tvořené stránky nadbytečným HTML kódem oproti jiným komerčním programům pro tvorbu WWW (větší přehlednost a lepší kontrola vytvořeného obsahu)
- Víceokenní prostředí
- Možnost ukládání ve formátu Dos/Win nebo Unix
- Editor galerii
- Možnost změny kódování jazyků
- Minimální systémová náročnost (průměrně 15Mb RAM paměti a jen 2,5Mb místa na HDD)

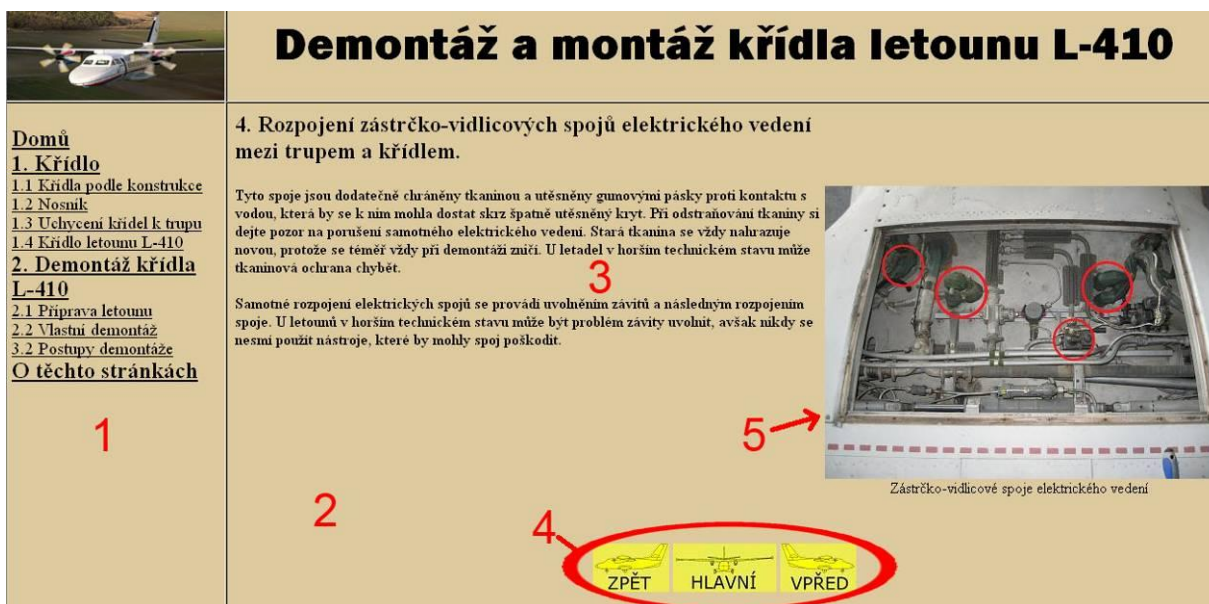


**Obrázek 3-1: Náhled na pracovní obrazovku programu HTML Editor verze 3.0**

Program Editor je vhodný pro tvorbu neprofesionálních www stránek. S programem se pracuje přímo vkládáním HTML kódu do textového pole, s čímž kromě výhody absolutní kontroly nad kódem souvisí také několik nevýhod. Asi hlavní z nich je okamžité nezobrazení podoby námi tvořené stránky, protože se výsledek musí prohlídnout v jednoduchém implementovaném prohlížeči nebo otevřít přímo v prohlížeči, který používáme při běžném prohlížení WWW obsahu na internetu. Editor většinu HTML kódu do textu vkládá sám po uživatelem správně zvolené funkci. Kromě barevného rozlišení znaků ale už neupozorňuje (resp. špatně napsaný kód nezobrazí) na chyby v syntaxi. Proto je pro používání tohoto programu nutná alespoň minimální znalost syntaxe jazyku HTML 4.0.

### 3.2.3 Popis HTML dokumentu

Výukový materiál ve formě HTML dokumentu jsem se snažil vytvořit tak, aby byl maximálně přehledný a zároveň aby byly potřebné informace lehce k nalezení. Jednotlivé stránky jsou navzájem propojeny odkazy. Na následujících řádcích popíšu funkce a vlastnosti mnou vytvořeného interaktivního HTML dokumentu.



Obrázek 3-2: Rozvržení HTML dokumentu

#### 1. Navigační lišta

Tvoří hlavní navigační součást stránek a je vždy zobrazena. Obsahuje texty kapitol odkazující formou hyperlinku na příslušnou stránku, která se zobrazí v Hlavním okně. Odkazy v navigační liště korespondují se jmény jednotlivých kapitol toho dokumentu.

#### 2. Hlavní okno

Místo zobrazení informační stránky po kliknutí na odkaz v Navigační liště.

### 3. Místo textu

Místo zobrazování textu k vybranému tématu. V horní části je umístěn nadpis s tématem zobrazované stránky. Text se shoduje s textem bakalářské práce. V textu mohou být podtržená slova, která zvýrazňují textové odkazy na stránky korespondující s odkazem. Po kliknutí na textový odkaz se stránka zobrazí opět v Hlavním okně a proto je pro návrat na stránku s odkazem nutné použít tlačítka Zpět v prohlížeči.

### 4. Navigační odkazová tlačítka

Tato interaktivní tlačítka usnadňují prohlížení stránek. Na většině zobrazovaných stránkách (v závislosti na pořadí stránky v dokumentu) jsou odkazová tlačítka tři, kde krajní „ZPĚT“ a „VPŘED“ odkazují na vedlejší stránky dokumentu a prostřední tlačítko „HLAVNÍ“ odkazuje na hlavní stránku kapitoly.

### 5. Obrázek

Na levé straně od místa pro text se nachází zmenšený (často se zvýrazněnými důležitými částmi) obrázek doplňující téma stránky. Pod obrázkem se nachází jeho krátký popis. Obrázek na stránce je interaktivní a po kliknutí na něj se v novém okně otevře obrázek v plné velikosti. Po kliknutí na velký obrázek se okno opět zavře.

## 3.2.4 Zveřejnění HTML dokumentu na veřejně přístupné adrese

Z důvodu snadnějšího přístupu k HTML obsahu tohoto výukového materiálu jsem vyvěsil vytvořené HTML stránky na veřejně přístupnou adresu. Je mnoho českých domén, které poskytují zadarmo prostor pro nekomerční internetové stránky. Já jsem pro svou práci využil nabídky domény [www.hostuju.cz](http://www.hostuju.cz), která nabízí zdarma prostor 1GB pro vlastní stránky a zaregistroval si adresu <http://demontaz-kridla.hostuju.cz/a.html>. Nahrávání vytvořeného obsahu na server probíhá pomocí protokolu FTP, který slouží k přenosu dat mezi počítači. Na těchto počítačích mohou běžet různé operační systémy.

Jediná nevýhoda, která ale není pro běžného uživatele příliš podstatná, jsou reklamní panely poskytovatele hostingu, které se automaticky zobrazí na každé prohlížené stránce. Tyto panely není možné ze stránek odstranit, aby se neporušili smluvní podmínky odsouhlasené při registraci.

Součástí této bakalářské práce bude také CD obsahující kompletní HTML dokument, který bude možno prohlížet i na počítači, který není připojen k internetu. HTML dokument nahraný na toto CD nebude obsahovat reklamní panely.

## 4 Vlastní demontáž křídla letounu L-410

### 4.1 Příprava letounu L-410 pro demontáž křídla

Demontáž křídla se může z počátku zdát jako jednoduchý úkon, ale je s ním spojeno mnoho dalších činností, které ani nejsou v pracovních postupech popsány. Většina z těchto prací ale musí být řádně provedena, aby byla možná samotná demontáž křídla nebo aby byla alespoň dosti usnadněna. Všechny práce musí být provedeny v souladu s nařízením PART 145, ve kterém jsou dopodrobna popsány požadavky zavazující organizaci provádějící tyto práce a která vydává nebo zachovává oprávnění k údržbě letadel nebo letadlových celků. Tyto požadavky však spadají pod legislativní část výuky, a proto se jimi nebudu v této práci podrobně zabývat.

Demontáž křídla sama o sobě není příliš technologicky náročný úkol, avšak v praxi se provádí velice zřídka. Důvod je ten, že se tento úkon neprovádí při žádné z plánovaných pravidelných údržeb. Pravděpodobně by na letounu muselo dojít k incidentu, při kterém by se křídlo poškodilo, aby se musela provést jeho demontáž. Montáž křídla se provádí při výrobě letounu, proto mechanici pracující ve výrobním závodu musí být připraveni tento úkon splnit. Při pravidelné těžké údržbě se však provádí kontrola závěsných čepů či přírub, při které je část práce podobná jako u demontáže křídla, avšak pomocí jeřábu a dalších speciálních přípravků (popsaných dále v této práci) dojde pouze k odlehčení křídla a následné kontrole či výměně spojovacích prvků.

Jednou z přípravných prací před demontáží křídla je **demontáž pohonné jednotky** (a také vrtule, je-li její součástí). V dále popisované ukázkové demontáži provedené na letounu L-410 není v oficiálním postupu demontáž pohonné jednotky uvedena, ale to pravděpodobně z důvodu, že to není nezbytně nutné. V praxi se však před každou demontáží křídla pohonná jednotka sundává. U letounu L-410 se před demontáží pohonné jednotky musí podle stanoveného postupu sundat také vrtule. K demontáži vrtule a pohonné jednotky je zapotřebí speciální nářadí a přípravky vyrobené přímo pro tento účel a bez nichž není správná demontáž

možná. Demontáž vrtule pohonné jednotky nejsou předmětem této práce, proto se v této práci nebudu rozepisovat a blíže přibližovat pracovní postupy a ani popisovat speciální přípravky pro tyto úkony.

Jedno z pravidel údržby je, že by měl být povrch letounu před začátkem každé údržby zbaven všech nečistot. Čištění letounu před údržbou se neprovádí jen z kosmetických důvodů, ale protože na špinavém povrchu nemohou být provedeny všechny nezbytné nedestruktivní prohlídky pro nalezení povrchových nebo materiálových vad, ať už jen vizuální kontrolou mechanika nebo pomocí speciálních přístrojů obsluhovaných vyškoleným odborníkem.

Obecně pro každou práci mechanika platí, že by si měl před zahájením práce zkontrolovat a připravit všechno nářadí a přípravky, které bude při následující práci potřebovat. Může tak předejít možnému zjištění, že mu v průběhu rozdělané práce bude chybět potřebné nářadí.

Pro vlastní demontáž křídla letounu L-410 je zapotřebí **6 mechaniků**.

Kromě klíčů a šroubováků příslušných rozměrů ze sady nářadí, benzínu na očištění spojovacích materiálů po skončení demontáže a dále popsanych speciálních výrobků a přípravků je před demontáží nutné připravit jeřáb nebo kladkostroj o nosnosti 2000kg.

## **4.2 Postup samotné demontáže křídla L-410**

Postup demontáže křídla letounu L-410 je v příručkách pro techniky (tzv. ATA) popsán v kapitole 57.00.00 (str. 401 – 403). Tyto postupy vydává výrobce a musí být schváleny příslušným leteckým úřadem. Při změně se aktualizují formou tzv. bulletinů. Pracovní postup pro demontáž křídla má 26 číslovaných bodů, které popisují jednotlivé úkony od zvednutí letounu na zvedáky až po umytí spojovacích materiálů benzínem. Po konzultaci jednotlivých bodů se zkušeným mechanikem bylo zjištěno, že dva body v postupu jsou nepřesné a nemají opodstatnění. Jeden ze skutečných bodů úkoluje mechanika k rozpojení

spoje antény VKV mezi kylem a trupem. Ve skutečnosti není vůbec potřeba spoj rozpojovat, protože spoj (resp. elektrické vedení) nebrání při samotné demontáži křídla. Druhý nepřesný bod pracovního postupu je rozpojení lana řízení vyvažovací plošky výškového kormidla a vytáhnutí rozpojeného lana přes křídlo do trupu. Toto lano také není potřeba rozpojovat, protože je vedeno v podlaze trupu. Třetí je demontáž potrubí hasící soustavy. Tento bod pracovního postupu je také neopodstatněný.

Nepřesnosti oficiálních opravárenských postupů mohou být způsobeny dodatečnou změnou konstrukce letounu a opomenutím opravit tento bod v postupech. Konkrétně u letounu L-410 nejsou podobné nepřesnosti v postupech výjimkami a v podobných případech musí mechanici spoléhat na své zkušenosti, zručnost, improvizaci a dobrou znalost letounu.

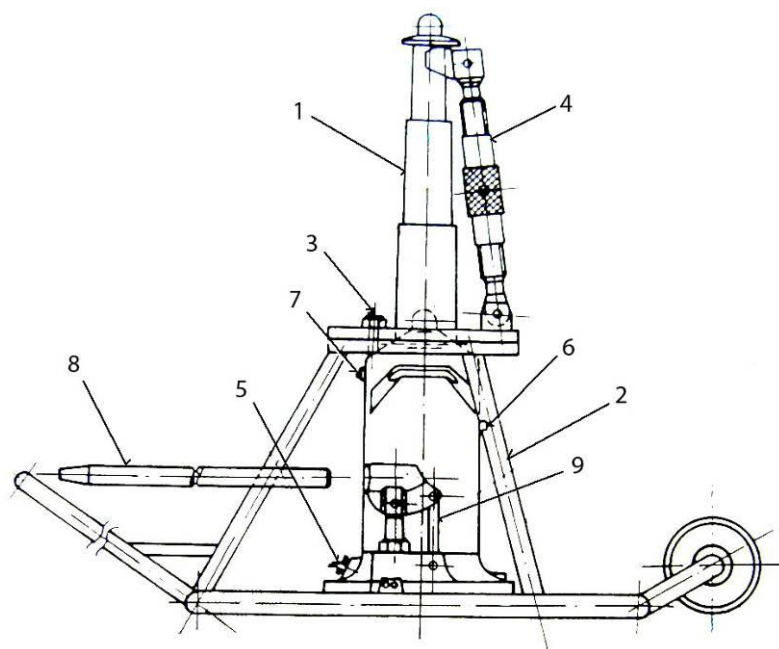
## **1. Ustavení letounu na zvedáky**

Tento pracovní postup je přímo popsán v ATA č. 007 (str. 1 – 3).

Zvedání a spouštění je prováděno na letounu L-410 pomocí hydraulických zvedáků Hz 4-3-7 (viz. Obrázek 4-1: Schéma hydraulického zvedáku Hz 4-3-7). K následnému zajištění letounu z důvodu překlopení na zadní část trupu při zvednutém letounu, je potřeba podpěra L410.9620 (viz. Obrázek 4-3: Stavitelná zadní podpěra L410.9620), která zajistí letoun při provádění oprav zadní části trupu. Není-li letoun na zvedácích, je potřeba podpěru nastavit tak, aby byla 10cm od země (kvůli možnému zpružení tlumičů podvozku). Levá strana letounu musí být zvedána levým zvedákem a naopak. Zvedání letounu je možné pouze v hangáru nebo kryté hale. Ve venkovních prostranstvích je to dovoleno pouze za bezvětrí.

Poloha zajišťovací vzpěry (viz. bod 4, Obrázek 4-1: Schéma hydraulického zvedáku Hz 4-3-7) je lehce zaměnitelná tím, že se vyšroubuje zajišťovací šroub (viz. bod 3, Obrázek 4-1: Schéma hydraulického zvedáku Hz 4-3-7) na horní straně rámu zvedáku, zajišťovací vzpěra se pootočí do požadované polohy a zajišťovací šroub se opět našroubuje. Takto lze upravit zvedák na „levý“ nebo „pravý“.

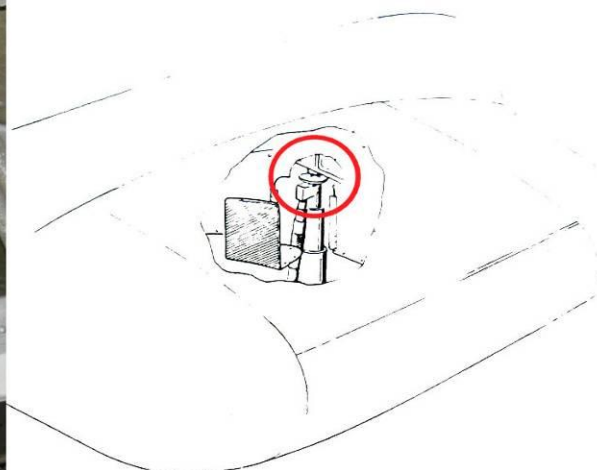




**Obrázek 4-1: Schéma hydraulického zvedáku Hz 4-3-7**

**1** – hydraulický zvedák; **2** – rám zvedáku; **3** – zajišťovací šroub; **4** – zajišťovací vzpěra; **5** – přepouštěcí ventil; **6** – plnicí otvor; **7** – odvzdušňovací ventil; **8** – ovládací tyč; **9** – čerpadlo

1.1. Na podvozkových gondolách sejměte krytky umožňující přístup k opěrným bodům (viz. Obrázek 4-2: Opěrné body hydraulických zvedáků). Opěrné body pro hydraulické zvedáky jsou označeny nápisem „ZDE PODEPŘÍT“.



**Obrázek 4-2: Opěrné body hydraulických zvedáků**

- 1.2. Ustavte hydraulické zvedáky pod příslušné podpěrné body letounu. Pro pravou stranu letounu použijte pravý hydraulický zvedák a naopak.
- 1.3. Zkontrolujte, zda je na zvedácích uzavřen přepouštěcí ventil (viz. bod 5, Obrázek 4-1: Schéma hydraulického zvedáku Hz 4-3-7).
- 1.4. Otevřete odvětrávací ventil (viz. bod 7, Obrázek 4-1: Schéma hydraulického zvedáku Hz 4-3-7)
- 1.5. Nasuňte ovládací tyč na čerpadlo (viz. body 8 a 9: Obrázek 4-1: Schéma hydraulického zvedáku Hz 4-3-7) zvedáku a čerpejte. Průběh celého zvedání by měl postupovat stejně na pravé i levé straně letounu. K čerpání používejte pokud možno celý zdvih čerpadla. Zvedák není vybaven pojistným ventilem, proto maximální vysunutí zvedáku je dáno pevnými dorazy. Ucítíte-li při čerpání zvýšený odpor znamená to, že je zvedák na maximu hydraulického zdvihu a dále nečerpejte.
- 1.6. Po zvednutí letounu do potřebné výšky zajistěte zvedák zajišťovací vzpěrou (viz. bod 4, Obrázek 4-1: Schéma hydraulického zvedáku Hz 4-3-7). Bez zajištění zvedáku vzpěrou se nesmí pod letadlem nacházet žádná osoba!
- 1.7. Do otvoru ve spodním kýlu zadní části trupu u přepážky č. 24 ustavte zadní podpěru (viz. Obrázek 4-3: Stavitelná zadní podpěra L410.9620) a seříd'te její délku tak, aby se základna podpěry dotýkala země. Při této poloze zadní vzpěry nesmí být manipulováno s hydraulickými zvedáky, aby nedošlo k deformaci zadní části trupu.



**Obrázek 4-3: Stavitelná zadní podpěra L410.9620**

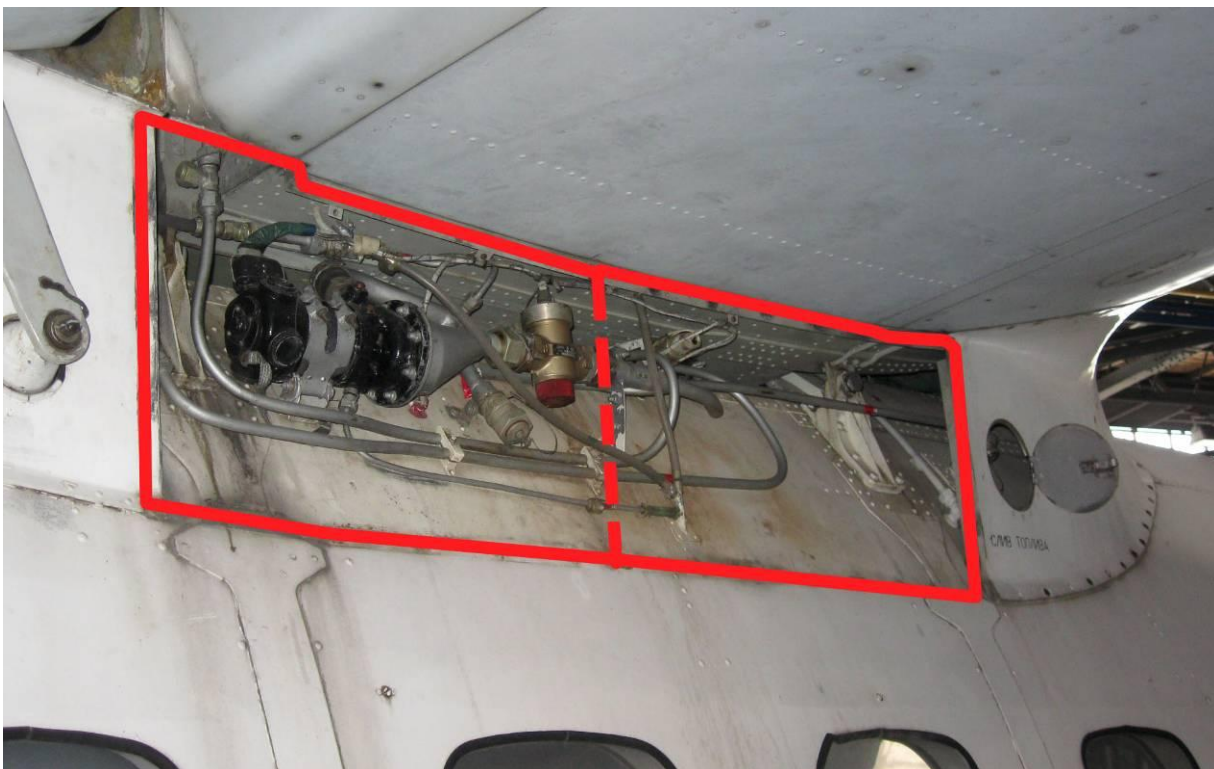
**tabulka 4-1: Technické údaje hydraulického zvedáku Hz 4-3-7**

Maximální nosnost	4t
Maximální odklon od osy vysunutého zvedáku od svislice (což je 25mm při základní výšce zvedáku 300mm)	5°
Hydraulická kapalina	AMG-10
Rozsah teplot pro použití zvedáku	-50° až +60°C

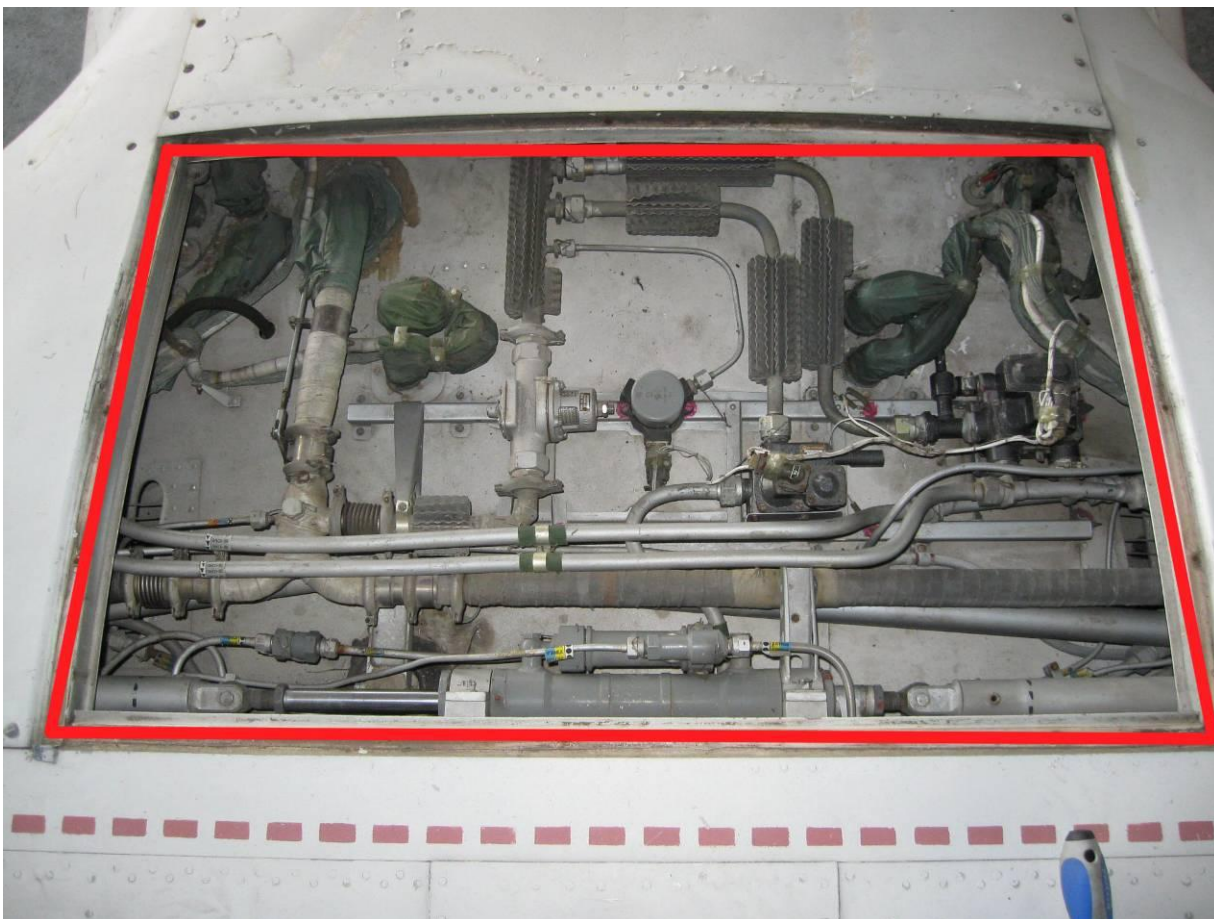
## **2. Demontáž horního víka a levého a pravého přechodového krytu mezi trupem a křídlem**

Demontáž těchto krytů většinou probíhá bez větších problémů. Komplikace ale mohou nastat při snaze demontovat kryty ze starších nehangárovaných letounů, kde jsou spojovací šrouby zarezlé a nejdou povolít. V takových případech je dobré po demontáži krytů vyměnit všechny šrouby za nové a protáhnout závity závitníkem.

Každý z těchto krytů je přichycen přibližně **20 šrouby** s půlkulatou hlavou.



**Obrázek 4-4: Demontovaný levý a pravý aerodynamický přechodový kryt křídlo – trup**



**Obrázek 4-5: Demontované horní víko**

### **3. Vypuštění paliva**

Tento pracovní postup je přímo popsán v ATA č. 012 (str. 315 – 317).

Tento pracovní úkon může být prováděn pouze obsluhujícím personálem, který byl proškolen o práci s palivem. V blízkosti letounu se nesmí manipulovat s otevřeným ohněm! Následující postup je popisován pro levou i pravou stranu letounu.

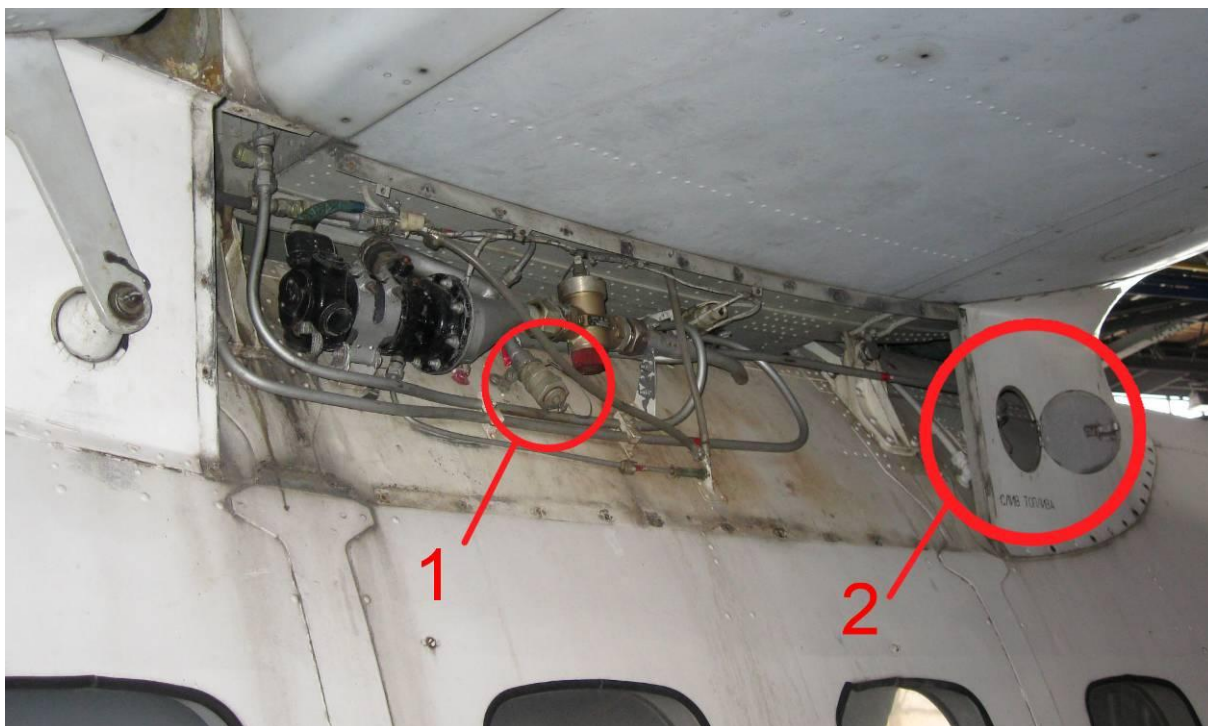
3.1. Přistavte schody mezi motorovou gondolu a trup

3.2. Připojte pozemní elektrický zdroj na letoun

3.3. Připravte cisternu pro vypouštění paliva



3.4. Otevřete víka odkalovacích ventilů v aerodynamických přechodech krytu křídlo – trup



**Obrázek 4-6: Ventily pro vypouštění paliva**

**1** – Hlavní vypouštěcí ventil 1703 A; **2** – odkalovací ventil LUN 7350-8

3.5. Na výpustné ventily 1703 A našroubujte výpustné hadice B 096 116 N (viz. Obrázek 4-6: Ventily pro vypouštění paliva).

3.6. Odšroubujte krytku na odkalovacím ventilu LUN 7350-8 a nasuňte na ventil koncovku hadice pro odkalování paliva B 096 591 N (viz. Obrázek 4-6: Ventily pro vypouštění paliva).

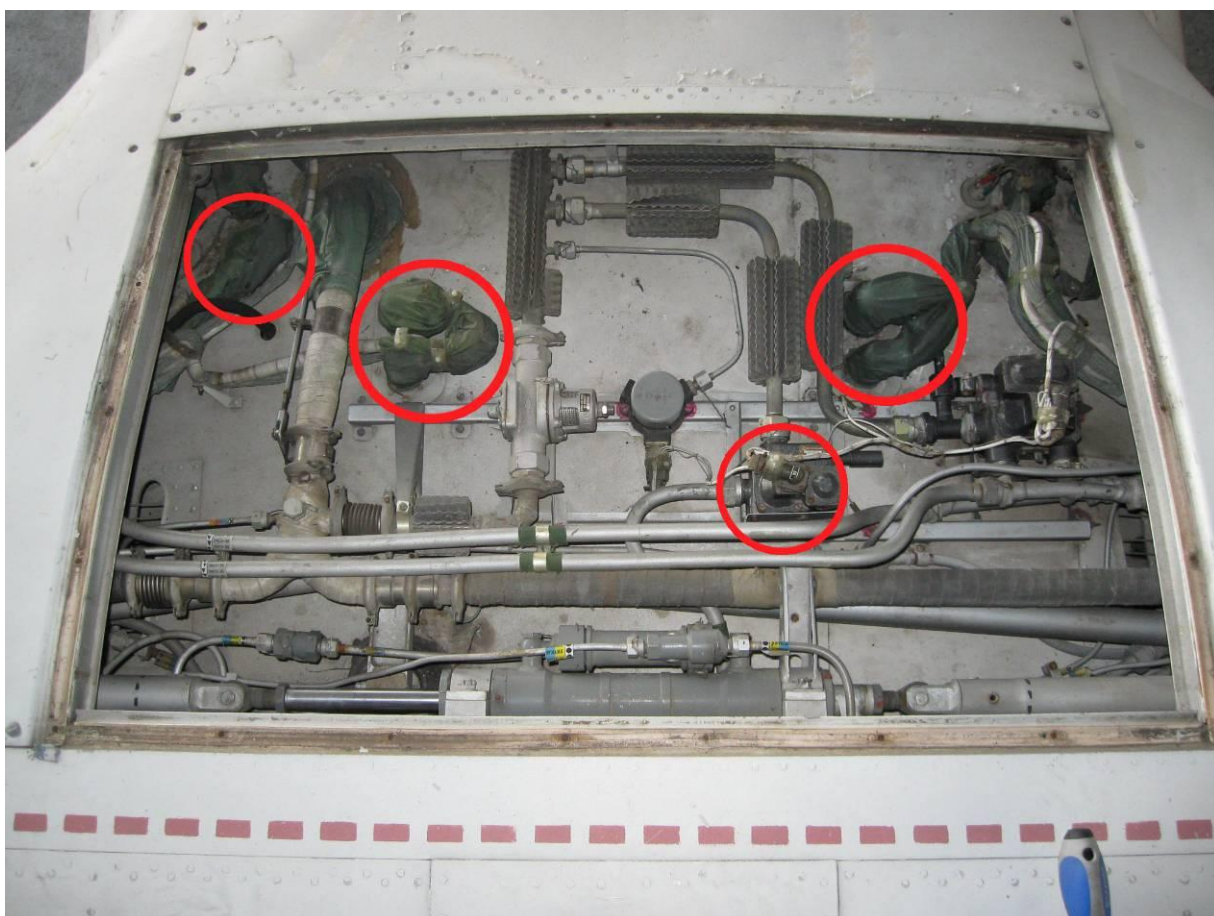
3.7. Proved'te vypouštění paliva, které můžete urychlit tím, že při uzavřených STOP-KOHOUTECH, otevřených požárních kohoutech zapnete vypínače BATERIE I, II a jistič PALIVOVÉ ČERPADLO L + P umístěné na stropním panelu. Čerpejte tak dlouho, až je v každé z obou sekcí palivových nádrží 50kg paliva. Na stropním panelu vypněte zapnuté vypínače a jističe. Zbytek paliva nechte vytéct z palivových nádrží

samospádem. Vypouštění paliva lze uskutečnit ze všech výpustných ventilů současně nebo jen použitím některých z nich.

- 3.8. Vypouštění levé a pravé koncové nádrže palivové nádrže proveďte tak, že na výpustný ventil B 560 668 N levé a pravé koncové palivové nádrže nasuňte přípojku odkalování paliva B 596 560 N.

#### **4. Rozpojení zástrčko-vidlicových spojů elektrického vedení mezi trupem a křídlem.**

Spoje elektrického vedení jsou dodatečně chráněny tkaninou a utěsněny gumovými páskami proti kontaktu s vodou, která by se k nim mohla dostat skrze špatně utěsněný kryt. Při odstraňování tkaniny si dejte pozor na porušení samotného elektrického vedení. Stará tkanina se vždy nahrazuje novou, protože se téměř vždy při demontáži zničí. U letadel v horším technickém stavu může tkaninová ochrana chybět.

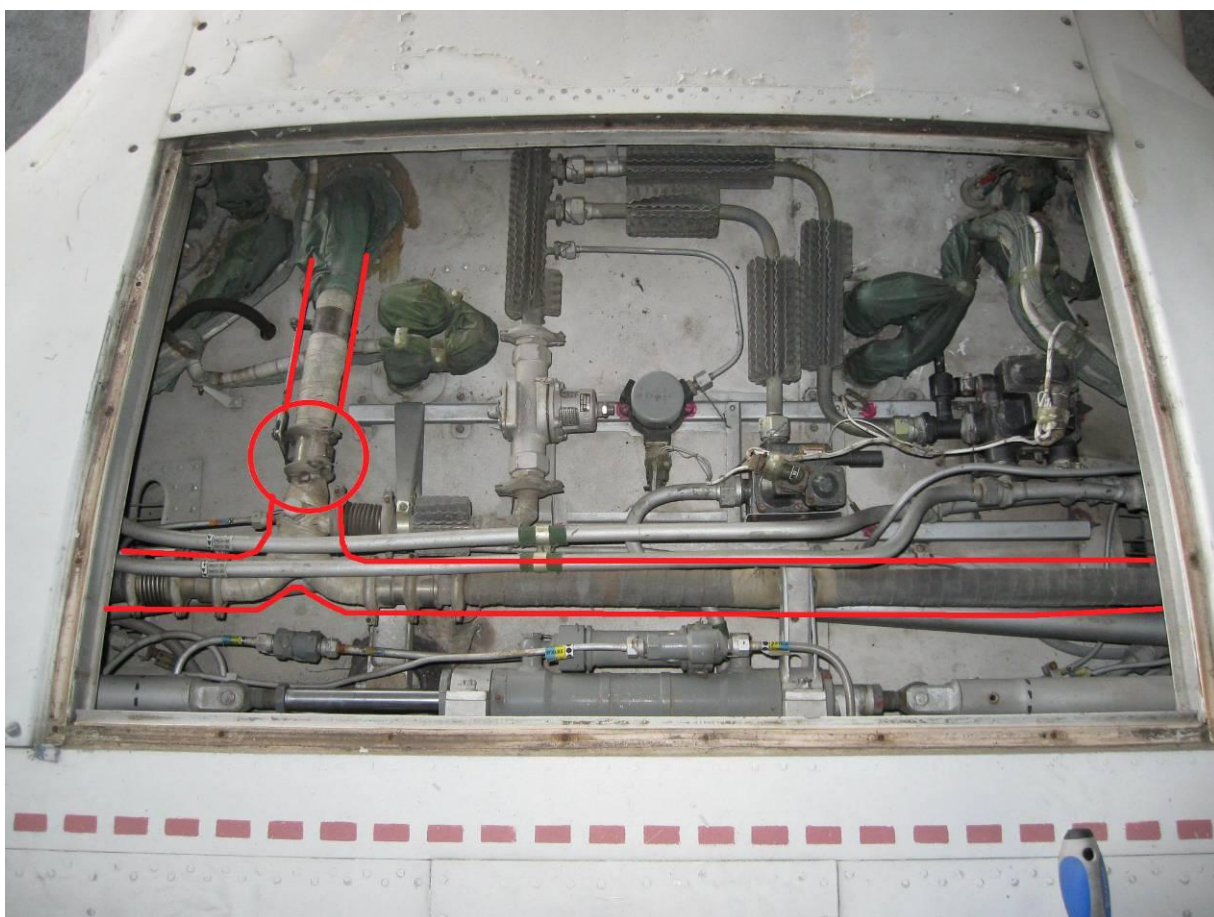


**Obrázek 4-7: Zástrčko-vidlicové spoje elektrického vedení**

Samotné rozpojení elektrických spojů se provádí uvolněním závitů a následným rozpojením spoje. U letounů v horším technickém stavu může být problém závitů uvolnit, avšak nikdy se nesmí použít nástroje, které by mohly spoj poškodit.

## 5. Rozpojení soustavy klimatizace

Soustavu klimatizace je tvoří nejmasivnější potrubí pod horním víkem. Soustava se rozpojuje tak, že se uvolní šroubení na objímce, která kryje spojení soustavy s trupem.



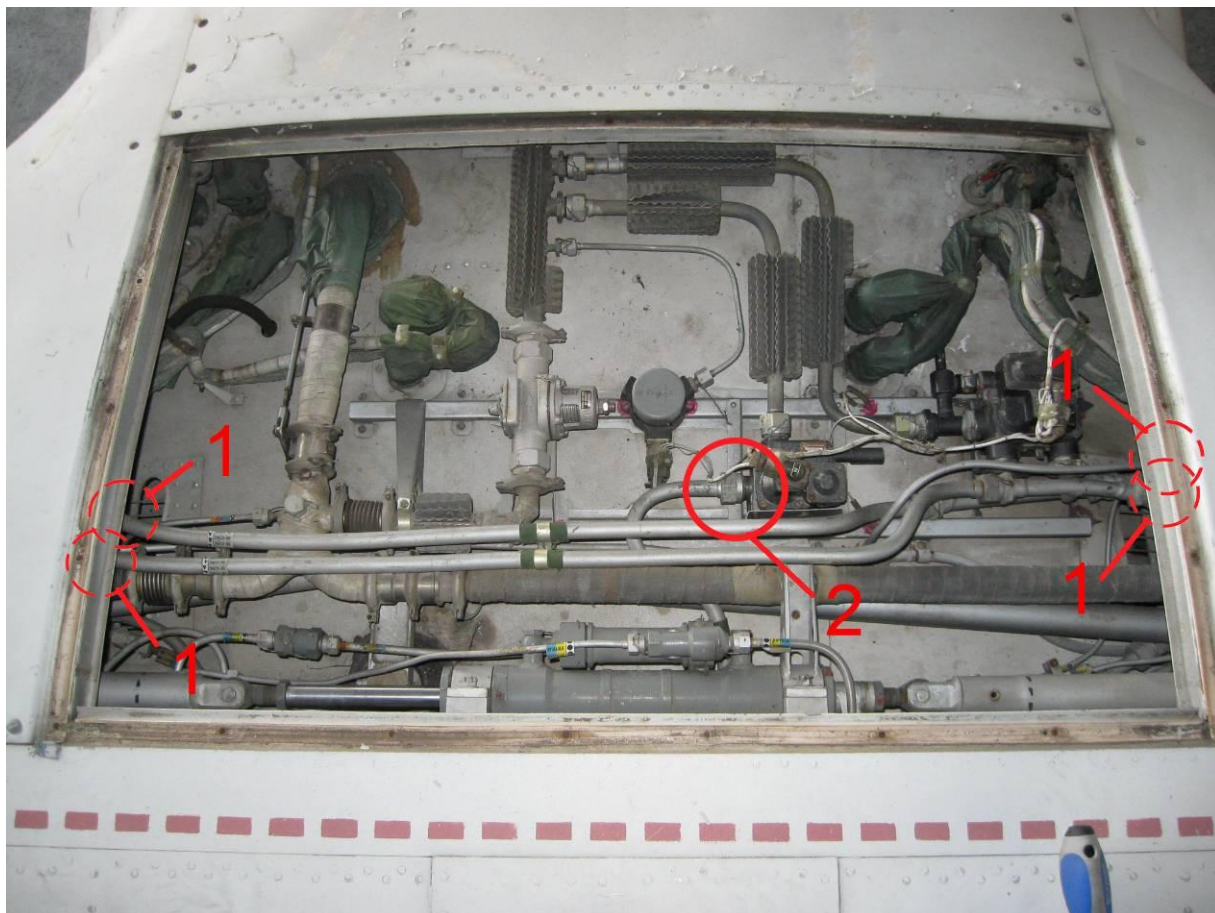
**Obrázek 4-8: Potrubí klimatizace s vyznačeným místem rozpojení**

## 6. Rozpojení a demontáž potrubí odledňovací soustavy mezi křídlem a trupem

Odledňovací soustava je přímo napojená na soustavu klimatizace. Potrubí na první pohled zaujme výrazným chlazením, které je nezbytné pro snížení teploty média a tím zabrání poškození gumové části na náběžné hraně křídla či ocasní plochy. Pro lepší přístup k rozpojení

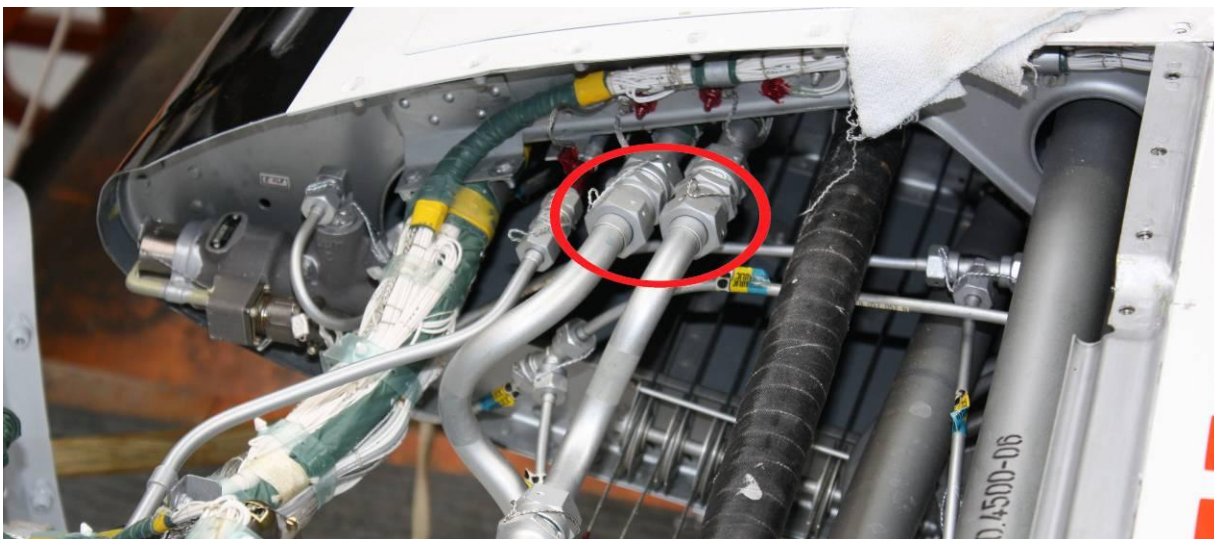


čtyř závitů, kterými je potrubí odledňování spojeno s křídlem je možné odkrytovat další plechy, které po sejmutí rozšíří horní víko centrolánu. Pro samotnou demontáž to však není nutné. Je třeba také rozpojit vedení odledňování ocasních ploch, které je také vedeno přes horní stranu centrolánu. Závity jsou zajištěny vázacím drátem, který je potřeba opatrně odstranit.



**Obrázek 4-9: Místa rozpojení odledňovací soustavy**

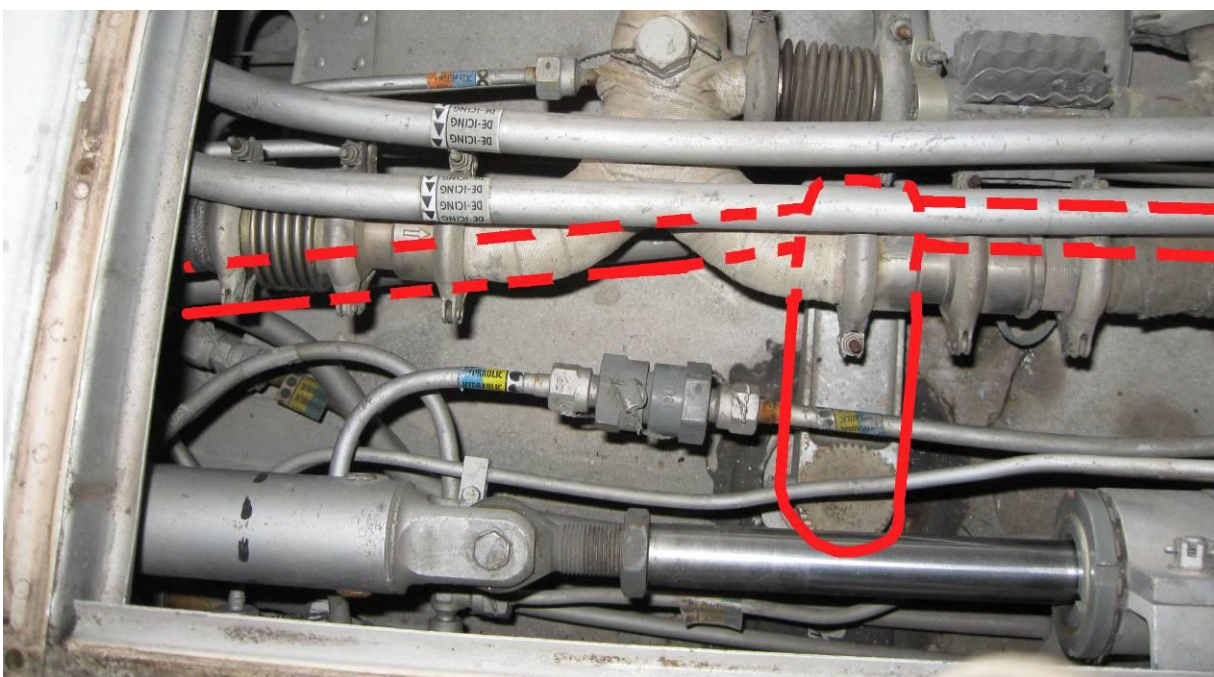
**1** – Spoje odledňování křídel; **2** – Spoj odledňování ocasních ploch



**Obrázek 4-10: Místo rozpojení odledňovací soustavy křídel (po rozšíření horního víka)**

## **7. Odpojení řízení křidélek**

Táhlo řízení křidélek je umístěno pod potrubím klimatizace a je proto velmi obtížné odpojení provést. Táhlo je spojeno do tvaru **T** a je třeba uvolnit matice na obou jeho stranách. Matky jsou zajištěny závlačkami.

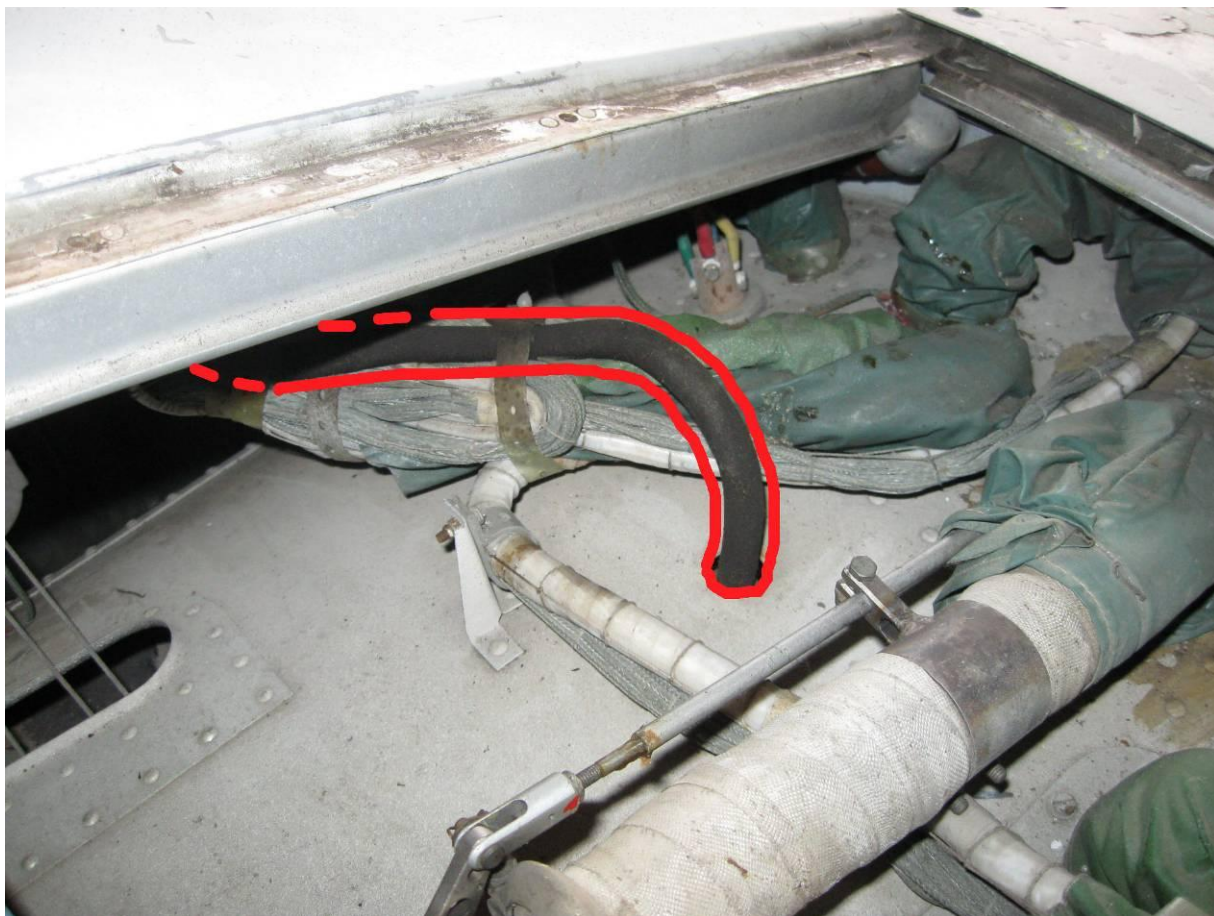


**Obrázek 4-11: Táhlo ovládání křidélek**



## 8. Rozpojení potrubí snímače náporového tlaku mezi křídlem a trupem

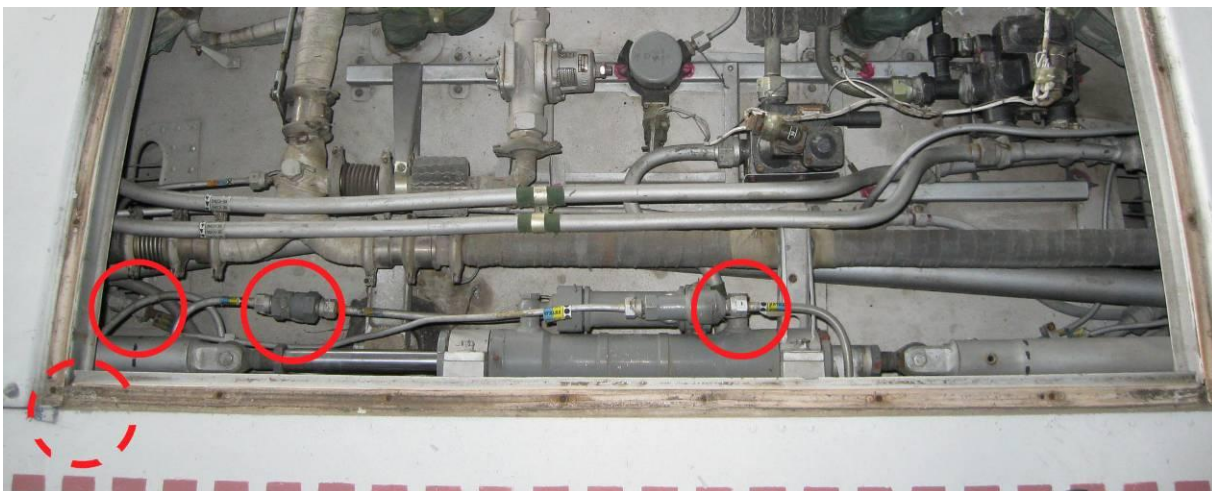
Potrubí snímače náporového tlaku je tvořeno pryžovými hadicemi. Při demontáži křídla můžeme pryžovou hadici rozstříhnout, protože při následné montáži se nahrazuje veškeré pryžové vedení novým.



Obrázek 4-12: Pryžové hadice snímače náporového tlaku

## 9. Rozpojení hydraulického potrubí

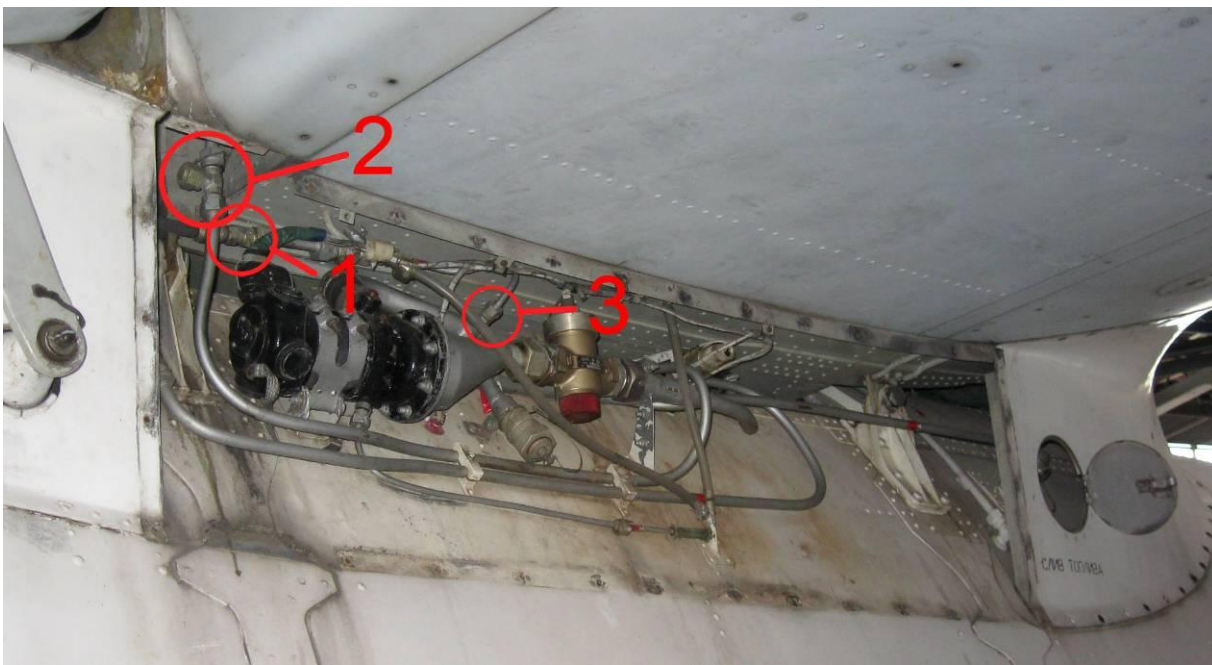
Převážná část hydraulické soustavy je spojena přímo s centroplánem a při demontáži zůstane jeho součástí. Je ale potřeba rozpojit **čtyři** závitové spoje hydrauliky, kterými je spojeno křídlo s trupem. Po rozpojení spojů je nutné zaslepit čistými zásepkami obě strany potrubí. Závitky jsou zajištěny vázacím drátem, který je potřeba opatrně odstranit.



**Obrázek 4-13: Místa rozpojení hydraulického potrubí**

#### **10. Rozpojení palivové soustavy**

Rozpojení vypuštěné palivové soustavy se provádí rozpojením potrubí vedoucí z nádrže do palivového čerpadla, potrubí vedoucí z čerpadla do motoru a potrubí pro vypouštění paliva. Na každé straně letadla jsou 3 místa rozpojení, tedy **celkem 6**.



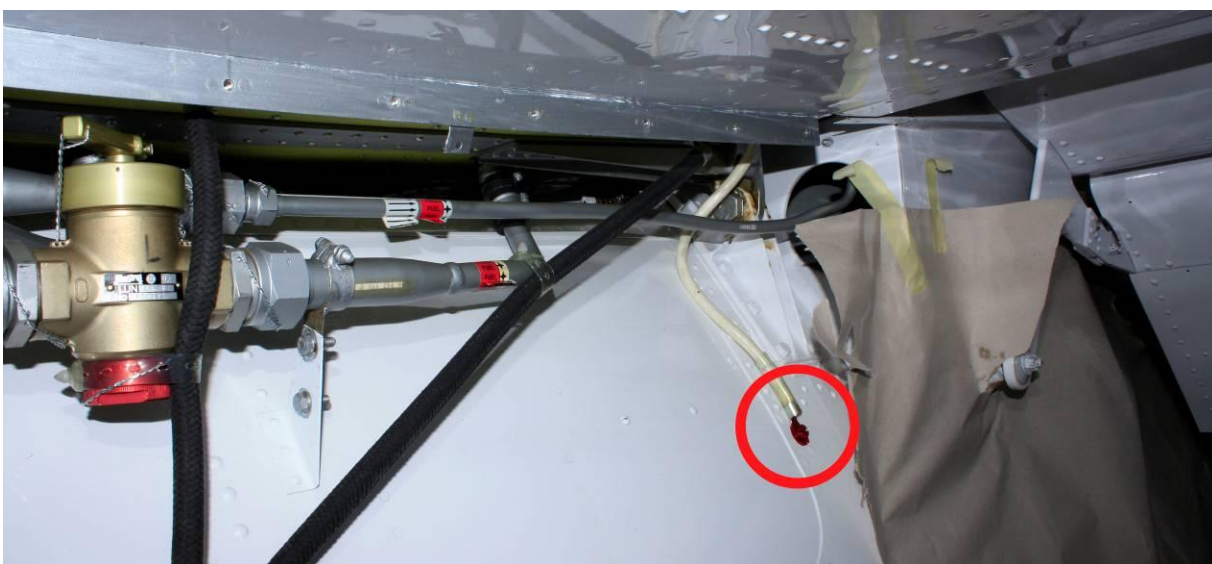
**Obrázek 4-14: Místa rozpojení palivového potrubí**

**1** – Spoj potrubí vedoucího od nádrže k čerpadlu; **2** – Spoj potrubí vedoucího od čerpadla k motoru; **3** – Spoj potrubí vedoucího k vypouštěcímu ventilu

## 11. Odpojení přemostění mezi trupem a křídlem

Přemostění se používá ke svodu statické elektřiny z jednotlivých kovových částí do kostry letounu. Musí být spojeny všechny vodivé části, aby se vyloučilo poškození statickou elektřinou. Přemostění se provádí ocelovým drátem zajištěným šroubem. Šrouby se natírají červenou barvou z důvodu snadné kontroly utažení spoje (v případě uvolnění se lak poruší) a také snazšího nalezení spoje.

Odpojení se provádí jednoduchým odšroubováním přelakovaného šroubu.



**Obrázek 4-15: Umístění ukostření křídla k trupu**

## 12. Demontáž levé a pravé vnitřní vztlakové klapky

Tento pracovní postup je přímo popsán v části 057.52.00.

Tento úkon je nutný provést na obou křídlech. Pro provedení práce je nutné nastavit klapky do polohy pro přistání (tj. maximálně vysunuté).

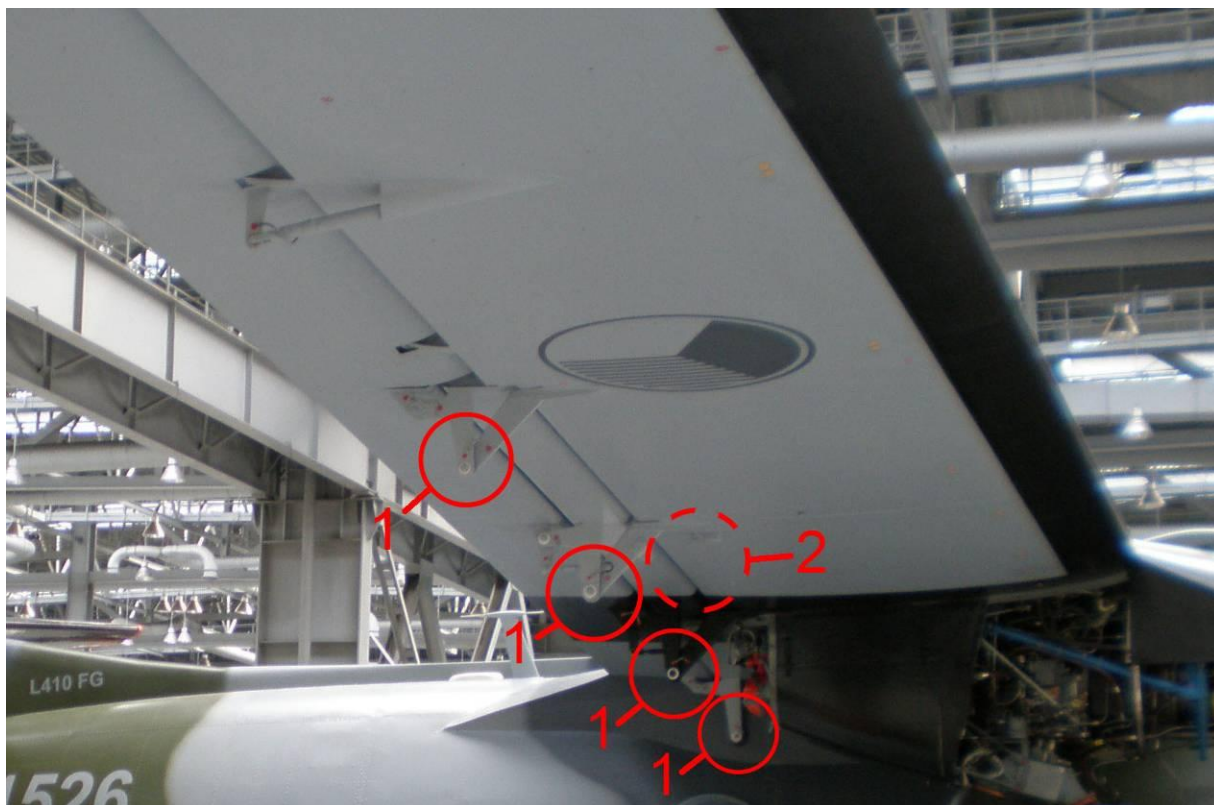
12.1. Demontujte přemostění mezi pákami vnitřní vztlakové klapky a vnitřního slotu, dále přemostění táhla ovládání vnitřní vztlakové klapky.

12.2. Odjistěte korunové matice a jejich demontáží i se svorníky demontujte spojovací táhlo (XL 410.2000-21) mezi pákou vnitřní vztlakové klapky a držákem křídla. Při demontáži nesmí být vnitřní vztlaková klapka zavěšena pouze na táhle XL 410.2000-21!



12.3. Odjistěte korunové matice dvou závěsů vnitřní klapky, matice se svorníky demontujte.

12.4. Spojovací materiál vymyjte v benzinu a připravte k dalšímu použití.



**Obrázek 4-16: Místa demontáže klapky (klapka v poloze pro let)**

**1** – Svorníky s korunovými maticemi; **2** – Táhlo XL 410.2000-21 (na obrázku nezobrazeno)

### **13. Demontáž stropního čalounění uvnitř trupu a krytu svislého kanálu řízení**

Svislý kanál řízení je umístěn za sedačkami pilotů a přístup do něj je z prostoru pro cestující. Vedou v něm téměř všechna lana řízení z pilotní kabiny, která jsou spojena a napnuta napínáky.



**Obrázek 4-17: Svislý kanál řízení s demontovaným krytem**

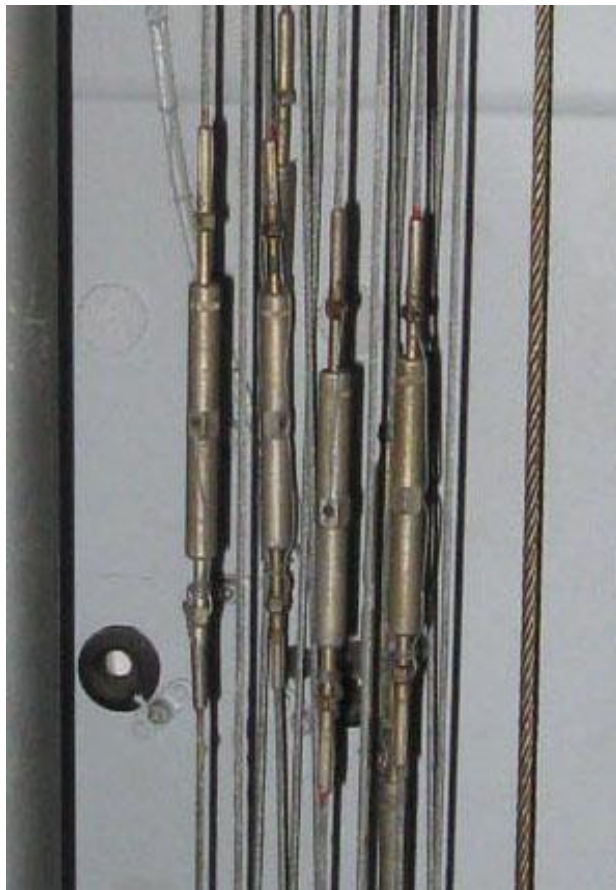
**14. Demontáž uchycení vany odvodnění**

Vana odvodnění je uchycena ve stropní části pod stropním čalouněním pomocí 4 šroubů.

### **15. Rozpojení lan ovládání motorů ve svislém kanálu řízení**

Rozpojte lana ovládání motoru ve svislém kanálu řízení v místě napínáků a vytáhněte je z trupu.

Hlavní částí napínáku je matice, která je opatřena z jedné strany pravým a z druhé strany levým závitem. Slouží k seřízení napětí lan a jako spojovací součást.



**Obrázek 4-18: Napínáky lan**

### **16. Rozpojení lan řízení směrového kormidla**

Lana řízení směrového kormidla se demontují uvolněním napínáku lan ve svislém kanálu řízení.



### **17. Rozpojení řízení výškového kormidla**

Demontáž řízení výškového kormidla se provádí rozpojením táhla řízení, které je umístěno pod krytem stropního čalounění. Matice jsou před uvolněním zajištěny vázacím drátem.



**Obrázek 4-19: Místo rozpojení táhla řízení výškového kormidla**

### **18. Rozpojení soustavy vstřiku vody do motoru**

Nádrž na vodu určenou pro vstřik do motoru za účelem krátkodobého zvýšení výkonu se nachází v podvozkové gondole a potrubí je vedeno prostorem v kořenové části křídla před hlavním nosníkem.

### 19. Upevnění na křídlo zvedací zařízení křídla L 410.9690

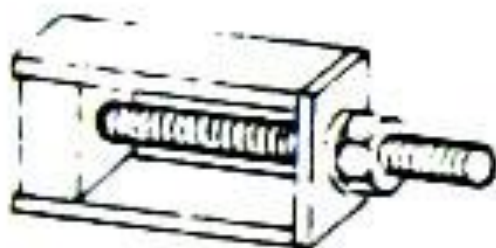
Křídlo se pomocí zvedacího zařízení L 410.9690 zvedá tak, že se zvedací zařízení pomocí jeřábu nebo kladkostroje o nosnosti 2000kg navede nad křídlo a jeho dvě části, které kopírují profil křídla (s demontovanými klapkami) se na křídlo namontují. Jeřábem nebo pomocí kladkostroje křídlo mírně nadlehčete. V tuto chvíli je také důležité zkontrolovat, jestli proběhla demontáž veškerých částí, které spojovaly křídlo s trupem.



Obrázek 4-20: Zvedací zařízení křídla L 410.9690 (umístěné na přepravním vozíku)

### 20. Demontáž čepů hlavních závěsů křídlo-trup

Demontáž hlavních čepů se provádí postupně pomocí stahováku XL 410.9600-4. Při demontáži se musí dát pozor, aby se nepoškodily čepy. Povrch čepů musí být dokonale hladký bez vrypů a jiných poškození.



**Obrázek 4-21: Stahovák XL 410.9600-4**

## **21. Zvednutí křídla**

Křídlo opatrně nadzvedněte pomocí kladkostroje nebo jeřábu o nosnosti 2000kg cca 10cm od trupu a odpojte odvodnění vany křídla.

## **22. Uložení křídla na vozík**

Demontované křídlo pomalu uložte na vozík křídla L410.9680. Při této činnosti musí alespoň jeden mechanik přidržovat lano upevněný ke konci křídla, aby se předešlo nechtěnému pohybu křídla a usnadnila se jeho manipulace. Na vozíku křídlo zajistěte čepy hlavních závěsů.



**Obrázek 4-22: vozík křídla L410.9680**

### **23. Dokončovací práce**

Demontovaný spojovací materiál umyjte v technickém benzínu a připravte k dalšímu použití. Uklid'te všechna používaná nářadí na místa k tomu určená.

V této bakalářské práci je podrobně popsána pouze demontáž křídla. Montáž křídla se vesměs provádí obrácením pořadí průběhu demontáže.

## 5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit studijní materiál pro výuku montáže a demontáže křídla na letadlo pro studenty prezenčního bakalářského studia. Podařilo se mi vytvořit HTML dokument, který interaktivní formou popisuje demontáž křídla českého letounu L-410. Součástí práce je také část věnovaná popisu jednotlivých typů křídel a způsobů jejich uchycení k trupu. Tyto části by měli pomoci studentům pochopit a tím také ulehčit pozdější práci při demontáži a montáži křídla. Vytvořený HTML dokument jsem také vyvěsil na internet na veřejně přístupnou stránku <http://demontaz-kridla.hostuju.cz/a.html>, aby se na něj zjednodušil přístup z kteréhokoliv místa připojeného k internetu. V dokumentu jsem použil mnou pořízené fotografie zobrazující jednotlivé části postupů a popisovaná místa zvýraznil tak, aby se zlepšila jejich názornost a zvýšila výpovědní hodnota. Demontáž křídla není technologicky příliš složitý úkon, avšak většina mechaniků s ním nemá žádné zkušenosti, protože se téměř neprovádí.

## Poděkování

Závěrem bych rád touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Rostislavu Horeckému za dohled a připomínky při mém vypracovávání této bakalářské práce. Poděkovat bych chtěl také mé rodině, která mě trpělivě podporuje v mém studiu a je mi vždy oporou.

## 6 Seznam použitých pramenů

- [1] L 410 UVP-E Provozně technická příručka
- [2] Kolektiv autorů *Učebnice pilota 2006*, Svět křídel, 2006, ISBN-80-85280-89-2
- [3] Heviánek, F., Barnet, M., Bradovka, E. *Technologie oprav letadel I*, Nakladatelství dopravy a spojů, 1985
- [4] Slavík a kol. *Aerodynamika, konstrukce a systémy letounů*, CERM, 2006, ISBN 8072043676
- [5] <http://editor.2b.cz/> (28. 3. 2009)
- [6] <http://cs.wikipedia.org> (3. 5. 2009)
- [7] <http://www.let.cz> (2. 4. 2009)